

寄贈

25-28

1-6

14

N 9

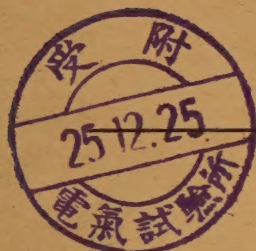
Nihon Daigaku, Tokyo,
Research Institute of Technology, Journal

JOURNAL OF THE RESEARCH INSTITUTE OF TECHNOLOGY,
NIHON UNIVERSITY.

NO. 1, December, 1950

日 本 大 學
工 學 研 究 所 彙 報

第 1 號



目 次

	頁
大阪管内の電子運動 (その1 静特性)	岡 部 隆 博 1
タンカーバルブの並列運轉に就て	宮 城 弘 6
高周波によるゴムの加硫に就て (第1報)	古 阪 莊 一 郎 8
巨頭鯨油の電氣的性質に就て	升 谷 孝 也 10
光電管を應用せる金屬表面瑕瑾檢出に就て	山 本 滋 13
磁歪現象應用に依る燃料噴射弁の研究	曾 根 健 哉 15
道路路面の凹凸測定 (第1報)	卷 内 一 夫 19
土の突き固め最大密度附近の性質の實驗研究 (輾壓堰堤用土に關する研究 第1報)	卷 内 一 夫 22

昭和 25 年 12 月

U. of IL. LIBRARY

AUG 7 1972

CHICAGO CIRCLE

大阪管内の電子運動

(その1 静特性)

(1950年2月23日受理)

岡 部 隆 博¹⁾

本研究は文部省科学研究費により行われたものである。

1. 緒 言

大阪管を發振管として用うるにも、又特殊な增幅管として用うるにも、其の管中の電子運動がなるべく単弦運動をなし得るように電極構造を選ぶと動的の負性抵抗が大きくなる。其の爲特殊な曲面の電極を持つ大阪管の内部電場を計算した。尙参考のため從來の電極の大阪管内電場も初めに示した。

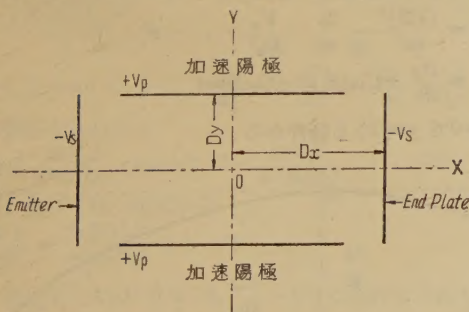
次に超高周波の發生して居ない時につき其の電場の電子運動につき計算し圖示した。但しM.K.S. 單位系を用いた。

尙次回に超高周波の發生してゐる場合の大阪管内電子運動につきのべる。

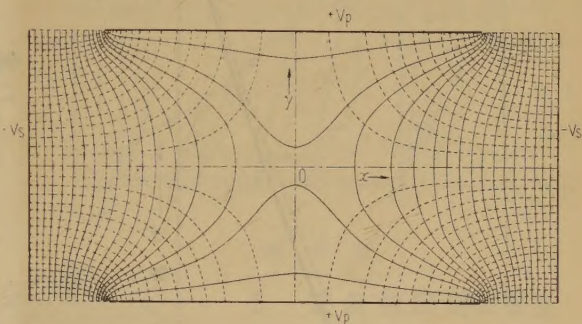
2. 從來の型の大阪管内の電場

大阪管の一组の發振電極間の間隙は非常にせまく、發振してゐない時は同電位だから間隙を省略し、Emitterが平板と假定すると從來の型の大阪管の電極配置と其の極板電壓は第1圖の如くなる。此の場合の電極間電場を計算してみよう。但しZ軸方向は無限長と假定する。

等角寫像の方法で結果を出したが、くわしい寫像の手



第 1 圖



第 2 圖

回の Transformation を行つて求め得た。

其の結果が第2圖で等電位線が實線で電力線は點線で示してある。第1圖のX軸上の電位分布は第3圖實線で同圖點線の拋物線にはよく一致する。又第1圖Y軸上の電位分布は第4圖實線でこれも點線で示した拋物線にやゝ近い。

X軸上の電位分布が拋物線であると、電子運動のX分値は單弦運動になるが、第2圖の電極寸法割合の場合でも中心軸上ではかなり理想に近いことが想像される。

尙水槽實驗の結果も同様であつた。

3. 双曲線嚮電極の大阪管内電場

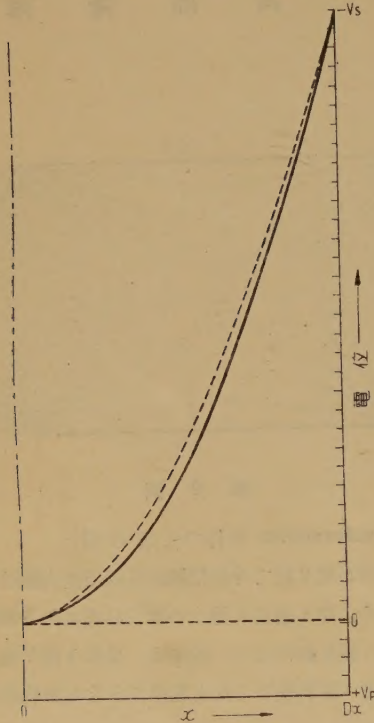
Z軸方向は無限長である二次元問題にて $W = (x+jy)^2$ なる等角寫像を行うとW平面が第5圖の如くに寫像され、其の中心軸上及び之に平行なる線上の電位分布が完全な拋物線になることはよく知られてゐる。だから第5圖の如く其の等電位面中の適當な二組をえらび此等の双曲線嚮で出來た面を電極にし、其の面上電位を電極電壓とし、 V_s , V_p , D_x , D_y を第5圖の如くにとると大阪管内各點の電位は

順は煩雜だからこゝでは述べないが Sn 函數等を用い數

$$V = -\frac{V_s}{D_x^2} x^2 + \frac{V_p}{D_y^2} y^2 \quad \text{となる.}$$

今 y_0 を $|y_0| \leq D_y$ なる任意常數とすると $y=y_0$ 面上の電位分布は

$$V_0 = -\frac{V_s}{D_x^2} x^2 + \frac{V_p}{D_y^2} y_0^2 \quad \text{となり完全な拋物線となる.}$$



第 3 圖

4. 前節の大坂管内の電子運動

第5圖の如き電極構造即ち前節で述べた大坂管の場合電子の質量及び荷電を夫々 mkg 及び e クーロンとすると、電子の運動方程式は

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -e \left(-\frac{\partial V}{\partial x} \right) = -2e \frac{V_s}{D_x^2} x \quad \dots\dots (1)$$

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = -e \left(-\frac{\partial V}{\partial y} \right) - eB \frac{dz}{dt} = 2e \frac{V_p}{D_y^2} y - eB \times \frac{dz}{dt} \quad \dots\dots (2)$$

$$m \frac{dz^2}{dt^2} = eB \frac{dy}{dt} \quad \dots\dots (3)$$

(1) 式を積分し $t=0$ にて電子が Emitter 上 $y=0$ 點から出るを $t=0$ で

$$x = -\frac{D_x}{\sqrt{V_s}} \sqrt{\frac{V_p}{D_y^2} l^2 + V_s}$$

なる條件を入れると

$$x = -\frac{D_x}{\sqrt{V_s}} \sqrt{\frac{V_p}{D_y^2} l^2 + V_s} \times \cos \omega_s t \quad \dots\dots (4)$$

$$\text{但し } \omega_s = \sqrt{\frac{ek}{m}}, \quad k = \frac{2V_s}{Dx^2} \quad \dots\dots (5)$$

となる 5 圖の場合には $\omega_s = 4 \times 10^9 \text{ radian/sec.}$ 即ち $f_0 = 637 \text{ Mc, } \lambda = 47.1 \text{ cm}$ である。次に (2), (3) 兩式より

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \left\{ -\frac{2e}{m} \frac{V_p}{D_y^2} + \frac{(eB)^2}{m^2} \right\} \frac{dy}{dt} = 0$$

$$\frac{dy}{dt} \equiv p \quad \text{と置くとき上式は}$$

$$\frac{d^2 p}{dt^2} + \left\{ -\frac{2e}{m} \frac{V_p}{D_y^2} + \frac{(eB)^2}{m^2} \right\} p = 0 \quad \dots\dots (6)$$

$$(A) \quad B = \frac{1}{Dy} \sqrt{\frac{2mV_p}{e}} \quad \text{のとき } p \text{ の係数は } 0 \text{ となる.}$$

例えば第5圖の場合では B は $0.0231 \text{ Wb/m}^2 (231 \text{ gauss})$ にて p の係数が 0 となる。従つて (6) 式は次の如くなる。

$$\frac{d^2 p}{dt^2} = 0$$

この式を積分し $t=0$ にて $y=l$,

$$\frac{dy}{dt} = 0, \quad \frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{2e}{m} \frac{V_p}{D_y^2} l$$

なる條件を入れると

$$y = \frac{e}{m} \frac{V_p}{D_y^2} l t^2 + l \quad \dots\dots (7)$$

$$(7) \text{ と } (3) \text{ から } \frac{dz^2}{dt^2} - \frac{2e^2 B V_p t}{m^2 D_y^2} = 0$$

積分して $t=0$ にて $z=0, \quad \frac{dz}{dt} = 0$ なる條件を入れると

$$y = \frac{e^2 B V_p l}{3m^2 D_y^2} t^3 \quad \dots\dots (8)$$

となり電子運動は (4), (7), (8) の合成である。

第6圖は $l=10^{-3} \text{ m}$ とした場合の計算例である。

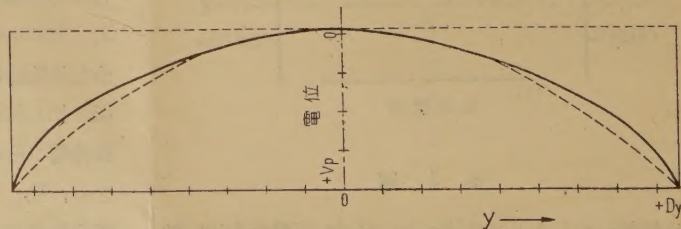
Z 軸の目盛は x 軸及び y 軸に比して異なることに注意せられたい。

$$(B) \quad B > \frac{1}{Dy} \sqrt{\frac{2mV_p}{e}} \quad \text{のとき } p \text{ の係数は正となるからこの係数を } \omega^2 \text{ と置くと}$$

$$\omega^2 = \frac{(eB)^2}{m^2} - \frac{2e}{m} \frac{V_p}{D_y^2} \quad \dots\dots (9)$$

$$p = \frac{dy}{dt} = C_1 \sin \omega t + C_2 \cos \omega t$$

$t=0$ で $\dot{x}=0$ なる條件から



第 4 圖

$$p = C_1 \sin \omega t$$

此の式を積分して $t=0$ で $y=l$, $\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{2e}{m} \frac{V_p l}{D_y^2}$

なる条件を入れると

$$y = -\frac{2eV_p l}{m\omega^2 D_y^2} \cos \omega t + l + \frac{2eV_p l}{\omega^2 m D_y^2} \dots \dots (10)$$

$$(3) \text{ と } (10) \text{ 式から } \frac{d^2z}{dt^2} = \frac{2e^2 V_p l B}{m^2 \omega^2 D_y^2} \sin \omega t$$

積分して $t=0$ で $z=0$, $\frac{dz}{dt} = 0$ なる条件を入れると

$$z = -\frac{2e^2 V_p l B}{m^2 \omega^3 D_y^2} \sin \omega t + \frac{2e^2 V_p l B}{m^2 \omega^2 D_y^2} t \dots \dots (11)$$

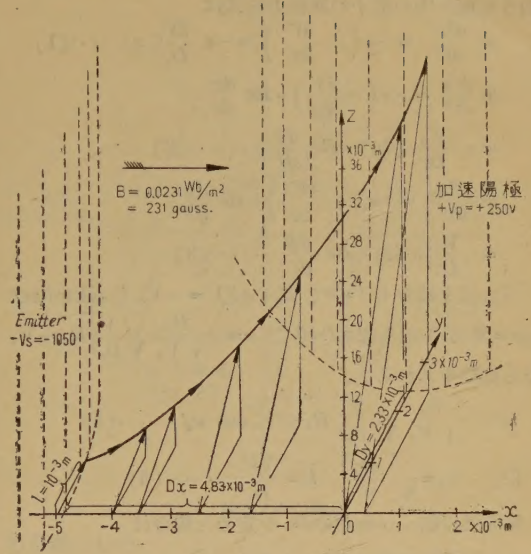
となり電子運動は(4), (10), 及び(11)の合成である。

第7図は $B=0.1 \text{ Wb/m}^2 (1000 \text{ gauss})$ 及び $B=0.0396 \text{ Wb/m}^2 (396 \text{ Gauss})$ とした二つの場合の電子運動を示す。但し いづれも $l=10^{-3} \text{ m}$ とする。

(C) $B < \frac{1}{D_y} \sqrt{\frac{2mV_p}{e}}$ のとき p の係数は負となる

から $p = C_1 e^{\omega t} + C_2 e^{-\omega t}$

$$\text{但し } \omega^2 = \frac{2e}{m} \frac{V_p}{D_y^2} - \frac{(eB)^2}{m^2}$$



第 6 図

5. 双曲線回轉面電極 大阪管内の電位分布

圓筒型大阪管で其の中心軸及び此に平行な線上の電位分布が拋物線になるものを求めてみよう。

此の大阪管の中心軸を x 軸とすると其の内の電位は

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial r} + \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = 0$$

(但し $r^2 = y^2 + z^2$ とする)

を満足しなければならぬが、 x 軸及び此に平行な線上電位分布が拋物線と云う条件からこのラプラスの方程式の解は

$$V = -2k_0 x^2 + k_0 r^2 \text{ なることがわか$$

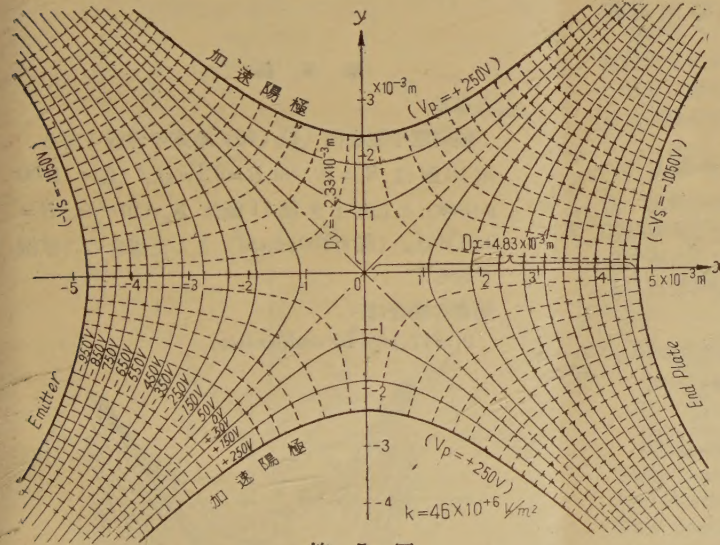
る。
 $k_0 = 22.5 \times 10^6 \text{ Volt/m}^2$ として此を圖示すると第9圖の如くなるがこの等電位線の中の適宜な二組を選び、此等を二組の電極及び其の電極上の電位とすると、大阪管内の各點の電位は

$$V = -2 \frac{V_s}{(\sqrt{2}D_x)^2} x^2 + \frac{V_p}{D_r^2} r^2 = -2 \frac{V_s}{(\sqrt{2}D_x)^2} x^2 + \frac{V_p}{D_r^2} (y^2 + z^2) \text{ となる。}$$

但し D_x , D_r , V_s , V_p は第9圖の如く定める。

6. 双曲線廻轉面電極大阪 管内の電子電動

電子の質量及び荷電を夫々 m 及び e とすると、前節の



第 5 圖

積分して $t=0$ で $y=l$, $\frac{dy}{dt} = 0$, $\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{2e}{m} \frac{V_p l}{D_y^2}$

なる条件を入れると

$$y = \frac{2eV_p l}{\omega^2 m D_y^2} \cosh \omega t + l - \frac{2eV_p l}{\omega^2 m D_y^2} \dots \dots (13)$$

(3) 及び(13) 兩式から

$$\frac{d^2z}{dt^2} = \frac{2eB^2 V_p l}{\omega^2 m^2 D_y^2} \sinh \omega t$$

此を積分して $t=0$ で $z=0$, $\frac{dz}{dt} = 0$ なる条件を入れると

$$z = \frac{2e^2 B^2 V_p l}{\omega^2 m^3 D_y^2} \sinh \omega t - \frac{2e^2 B^2 V_p l}{\omega^2 m^2 D_y^2} t \dots \dots (14)$$

電子運動は(4), (13), 及び(14)式の合成であり、 $B=0.01 \text{ Wb/m}^2 (100 \text{ gauss})$ とした場合の計算例が第8圖に示されてゐる。但し $l=10^{-3} \text{ m}$ とする。

如き電極間内の電子の運動方程式は

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -e \left(-\frac{\partial V}{\partial x} \right) = -e \frac{2V_s}{D_x^2} x \dots \dots (1)$$

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = -e \left(-\frac{\partial V}{\partial y} \right) - Be \frac{dz}{dt} \\ = e \frac{V_p}{D_y^2} (2y) - Be \frac{dz}{dt} \dots \dots (2)$$

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = -e \left(-\frac{\partial V}{\partial z} \right) + Be \frac{dy}{dt} \\ = e \frac{V_p}{D_z^2} (2z) + Be \frac{dy}{dt} \dots \dots (3)$$

(1) 式を積分し $t=0$ で電子が $V=-V_s$ なる Emitter 上 $r=R_0$ から出る即ち $t=0$ で $x = -\frac{D_x}{\sqrt{V_s}} \sqrt{\frac{V_p}{D_r^2} R_0^2 + V_s}$ なる条件を入ると、

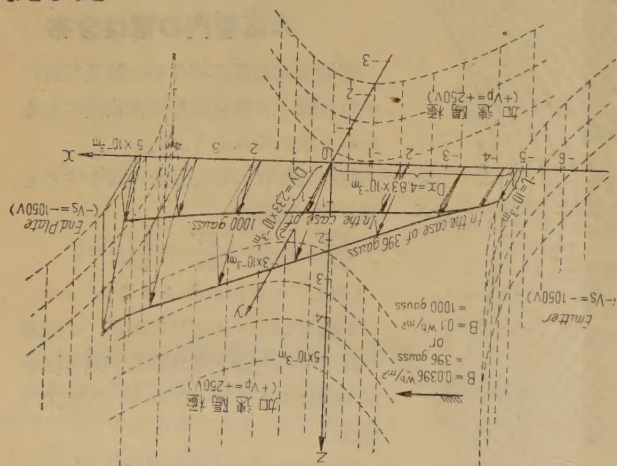
$$x = -\frac{D_x}{\sqrt{V_s}} \sqrt{\frac{V_p}{D_r^2} R_0^2 + V_s} \cos \omega_s t \dots \dots (4)$$

$$\text{但し } \omega_s = \sqrt{\frac{ek}{m}}, k = \frac{2V_s}{D_x^2} \dots \dots (5)$$

第9圖の如く constants を定めた場合は

$\omega_s = 4 \times 10^9 \text{ radian/sec.}$ となる。

次に複素座標 $R=y+jz$ を使つて (2), (3) 兩式をまとめると



第 7 圖

$$\frac{d^2 R}{dt^2} - j \frac{eB}{m} \left[\frac{dR}{dt} \right] - \frac{2e}{m} \frac{V_p}{D_r^2} R = 0 \dots \dots (6)$$

となる。(6) 式の解は

$$R = A e^{j\Omega_1 t} + D e^{j\Omega_2 t} \dots \dots (7)$$

$$\text{但し } \Omega_1 = \frac{eB}{2m} + \sqrt{\frac{e^2 B^2}{4m^2} - \frac{2e}{m} \frac{V_p}{D_r^2}} \dots \dots (8)$$

$$\Omega_2 = \frac{eB}{2m} - \sqrt{\frac{e^2 B^2}{4m^2} - \frac{2e}{m} \frac{V_p}{D_r^2}} \dots \dots (9)$$

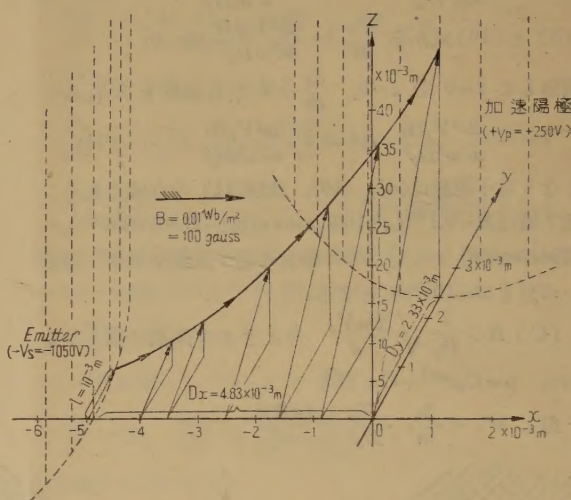
A, D は複素常數であるが, R 點から電子が出発し, かつ其の時の初速度が 0 とすると即ち $t=0$ で $R=R_0$,

$$\frac{dR}{dt} = 0 \text{ とすると}$$

$$A = \frac{-R_0 \Omega_2}{\Omega_1 - \Omega_2}$$

$$D = \frac{R_0 \Omega_1}{\Omega_1 - \Omega_2} \text{ と定まる. 即ち (7) 式は}$$

$$(\Omega_1 - \Omega_2) R = R_0 \Omega_1 e^{j\Omega_2 t} - R_0 \Omega_2 e^{j\Omega_1 t} \dots \dots (10)$$



第 8 圖

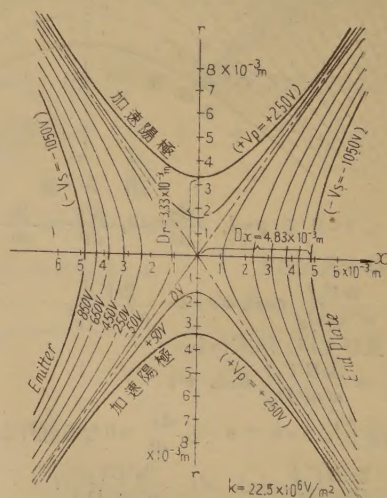
となる。

結局電子運動は (4), (10) 兩式の合成である。

第10圖は $R_0 = 10^{-3} \text{ m}$, $B = 0.1 \text{ Wb/m}^2$ (即ち 1000 gauss) としたとき第11圖は $R_0 = 10^{-3} \text{ m}$, $B = 0.01 \text{ Wb/m}^2$ (即ち 100 gauss) とした場合の計算例である。

前者の場合は

$$\Omega_1 = 17.18 \times 10^9 \text{ radian/sec.},$$



第 9 圖

$\Omega_2 = 0.46 \times 10^9 \text{ radian/sec.}$ で後者の場合は

$$\Omega_1 = (0.881 + j 2.678) \times 10^9 \text{ radian/sec.}$$

$\Omega_2 = (0.881 - j 2.678) \times 10^9 \text{ radian/sec.}$ である。

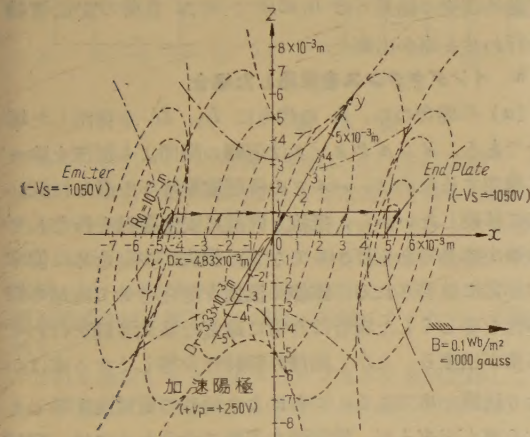
特に $\frac{e^2 B^2}{4m^2} = \frac{2e}{m} \frac{V_p}{D_r^2}$ 即ち $B = \frac{1}{D_r} \sqrt{\frac{8 V_p m}{e}}$

なる時は $R = R_0 e^{j\Omega t} (1 - j\Omega t) \dots (11)$

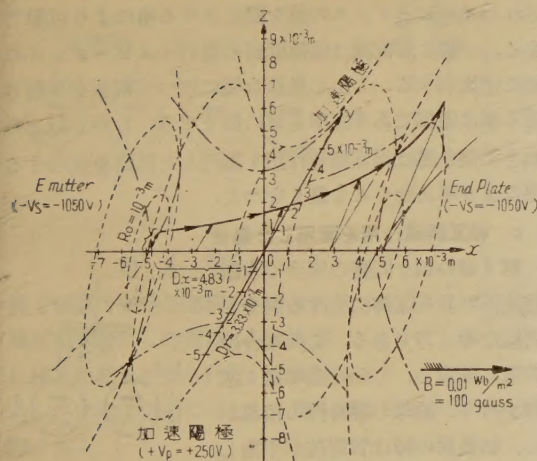
但し $\Omega = \frac{eB}{2m}$ とする。

第9圖の如き電極の場合は $B = 0.032 \text{ Wb/m}^2$ (即ち, 320 gauss) となり, この B のときの電子運動は計算によると第12圖の如くなる。

但し $R_0 = 10^{-3} \text{ m}$ で $\Omega = 2.82 \times 10^9 \text{ radian/sec.}$ である。



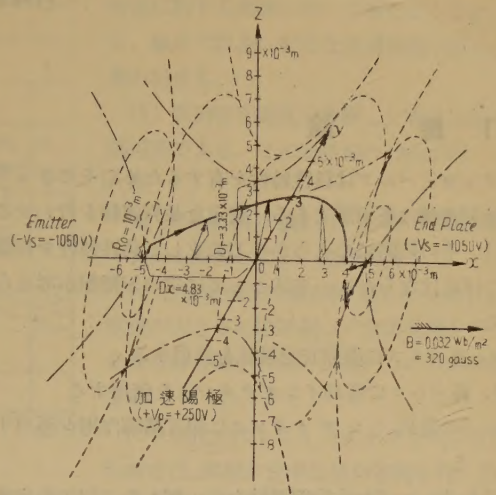
第 10 圖



第 11 圖

7. 結 言

Emitter の中心のみならず, いづれの部分から出る電子にも単弦運動をなさしめるに必要な電極構造を二次元的大阪管と特殊な圓筒型の大坂管につき求め, その各大坂管内で, 超高周波が発生してゐない場合に就き電子運動を計算し, 電子軌道を色々な磁界の場合につき一往路



第 12 圖

のみ圖示した。

以上は能率のよい大阪管を作る場合のデータとなると思う。

大阪管のくわしい解析はその動特性を明らかにしなければならぬがこれは次回に述べる。

終りに熱心に手傳つて下さつた夏期實習生橋本隆康君日大生石井好隆君, 泰正次君, 桑原爲一君に深謝する。

参 考 文 献

1. 岡部隆博 昭和15年3月 阪大工學部卒業論文
2. 橋本隆康 昭和24年8月 日大にての夏期實習
3. 岡部隆博 昭和23年9月 電學誌 P.233
4. 岡部隆博 昭和24年2月 電學誌 P.61

Electron Motion in an "OSAKA-Tube"

(Part 1, Static Characteristics)

by Takahiro OKABE

What shape of the electrodes of the "OSAKA-Tube" will give a simple harmonic motion to the electrons and obtain better efficiency? This problem is solved in this paper and the shape of electrodes and the motion of the electrons are calculated.

Here the author treated only of the problems on the static characteristics of the "OSAKA-Tube." The form of two-dimensional electrodes of a conventional "OSAKA-Tube" is given in Fig. 2, and that of the Improved Type in Fig. 5. And the motion of the electrons moving among such electrodes is shown in Fig. 6, 7 and Fig. 8.

The three-dimensional electrodes of the improved tube are shown in Fig. 9 and the trajectories of electrons are given in Fig. 10, 11 and Fig. 12.

The dynamical studies on the electron motion in the Improved "OSAKA-Tube" will be described in the next paper.

タンガーバルブの並列運転に就て

(1949 月 17 日受附)

宮 城 弘¹⁾

1. 緒 論

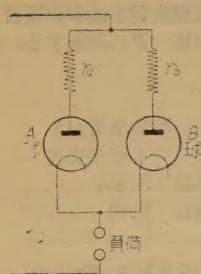
タンガーバルブは負性特性を有するためにそのままでは並列運転は不可能である。安定な並列運転を行わせるには、その回路になんらかの工夫をして負性特性を補償しなければならない。方法としては次の三種類が考えられる。

- 各バルブに直列安定抵抗を使用する
- 各バルブに直列インダクタンスを使用する
- bの直列インダクタンスに相互誘導作用を應用する

等である。いずれも安定運転を行い得たので以上の実験的研究結果に就いてのべる。

2. 回路の工夫

a. 各バルブに直列安定抵抗を使用した場合 第1圖の如き回路の場合で、直列に接続した抵抗に依り負特性を



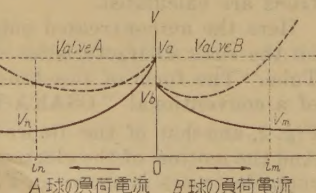
第 1 圖

$$r_a = (V_a - V_m)/i_m$$

で表わされる。

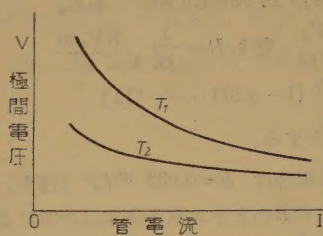
但、 V_a 及び V_b は夫々 A 及び B 球の放電開始電圧、 V_m 及び V_n は兩球の負荷電流が夫々、 i_m 及び i_n の時の極間電圧である。

しかし、抵抗損のために能率の低下が甚だしいのが缺點である。更に第3圖に示せる如く、緋條の温度を變化させる事によ



第 2 圖

り、靜特性をかなり變化させる事が出来るから、これを利用して兩球の靜特性を大体等しくする事が出来る。



第 3 圖

曲線 T_2 は曲線 T_1 より高温の時の特性曲線である。兩球の特性を等しくすると、直列に接続すべき安定抵抗はかなり小さな値に選ぶ事が出来る。

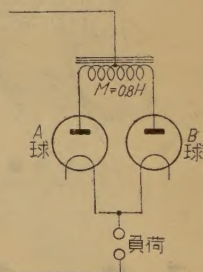
實驗的研究の結果では 0.45Ω で 80% 負荷の安定運転を行わせる事が出来た。

b. インダクタンスを使用した場合

(a) の場合の r_a, r_b の代りに L_a, L_b を使用した場合である。インダクタンスは運転の瞬間より電流を除々に増加するために、バルブの極間電壓降下を直ちに低い方に移動しないから、抵抗と同様に安定運転を行なわせる事が容易であるばかりでなく、損失が少いために能率は非常に改善される。緋條の温度を變化させて兩球の靜特性を等しくした場合は非常に確實な並列運転を行わせる事が出来る。しかし兩球の靜特性を等しくする事はかなり困難な事である。これにより兩球の管電流を等しくする事が出来るが、管電流を平衡させるためには、兩球の靜特性を等しくしなくとも、各陽極回路に直列に接続されたイムピーダンスの値を變化させる事により可能である。一般に管電流は陽極回路の直列イムピーダンスの値に逆比列する。しかし負荷全域に亘つて電流を平衡させる事は困難であり能率も更に低下する。しかし以上の如き不便な點は相互誘導作用を應用した回路を使用する事により考えなくとも良くなつた。

c. 相互誘導作用を應用した場合

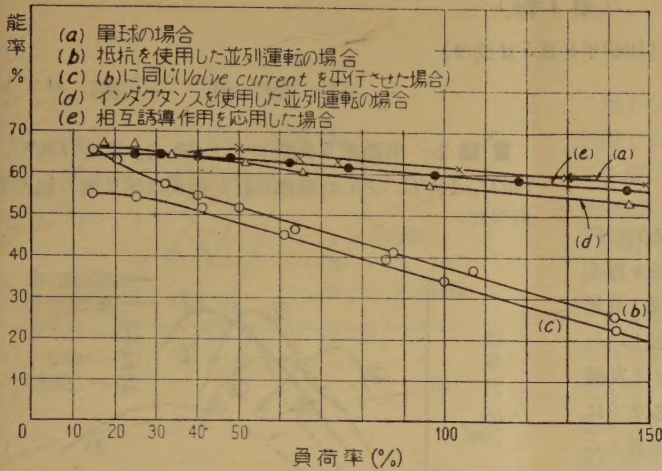
第4圖の如き回路の場合で水銀整流器の並列運転に於ける場合と同様な考え方である。この場合は非常に確實で、しかも能率良く運転を行う。兩球の靜特性の相異から、輕負荷の時は管電流が平衡しない場合があるが、負荷を増すにつれて平衡する様になる利點がある。此の方法で能率を更に改良する事が出来た。



第 4 圖

第5圖は以上の各場合の能率の特性を比較して見た圖

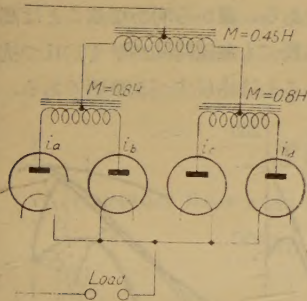
1) 専門部工科電氣科



第 5 圖

である。(b), (c) の曲線は抵抗に依る並列運転で、特に(c)の場合は直列抵抗に依り管電流が平衡する様にした場合の特性曲線である。(d) はインダクタンスの場合(c) は相互誘導作用を應用した場合等の並列運転の特性曲線、(a) が單球の場合の特性曲線である。これにより相互誘導作用を應用した回路が非常にすぐれている事が判る。

これを應用してタンガーバルブ 4 本を並列運転してみた。實驗的に回路を工夫した結果第 6 圖の方法に依つて



第 6 圖

最も確實で安全な運転を行わせる事が出来た。この實驗に於て非常に満足な結果が得られた。この時の回路定数は圖中に示した。第 7 圖はこの場合の特性曲線である。

3. 結 言

タンガーバルブの負特性を補償すると並列運転は大体可能である。タンガーバルブの様な熱陰極型放電管は補助陽極を有せざる冷陰極型放電管の様に運転開始の

時期に對する問題に就いて考えなくてよいから、極めて容易に安定な並列運転を行わせる事が出来る。

(1) 直列安定抵抗を接續した場合は並列運転可能である。この時各球の特性が同一であれば。

a, 安定抵抗の値が同一の時、各球は同一の負荷を分擔して 運転を行う。

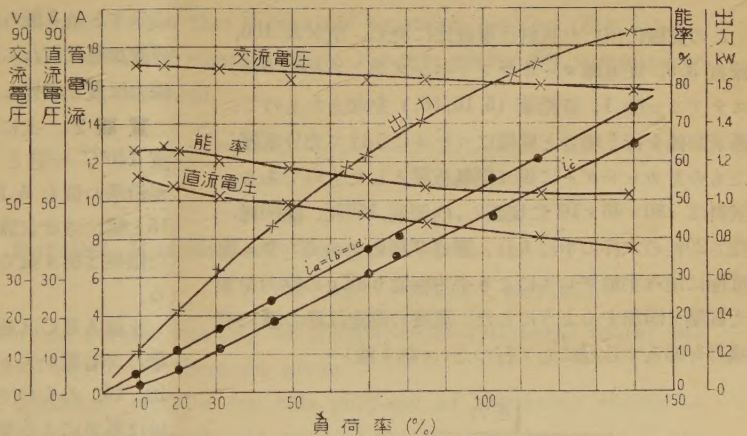
b, 各安定抵抗の値が同じでない時は、抵抗値の大きさに逆比例して安定運転を行う。全負荷時の能率の低下が甚だしいのが缺點である。

(2) 抵抗の代りにインダクタンスを使用した場合、同様に安定な並列運転を行い得る。この場合は全負荷時に於ける能率が非常に改善される。

(3) 相互誘導作用を應用した場合は、各球の特性が同一でなくとも管電流を平衡させる事が出来る。能率は(2)の場合より良くなり、以上三方去中、最も良い方法であり實用的價值が充分にある。

實驗に供したタンガーバルブは、東芝製品の TN-15 である。

終りにのぞみ本研究に御鞭撻を賜つた大山松次郎教授又屢々非常に有益なる御指導を辱うした今川三郎教授及び實驗に協力下さつた阿部永雄君に厚く感謝する。



第 7 圖

(Abstract; See page 9)

“On the Parallel Running of Tungar-Tubes.”
by Hiroshi MIYAGI

参 考 文 献

大久保イグニトロン の 並 行 運 轉 に 就 て 電 氣 學 會 論 文 集 第 4 卷 10 號

高周波によるゴムの加硫に就て

(第1報)

(1949年9月5日受理)

古 阪 莊 一 郎

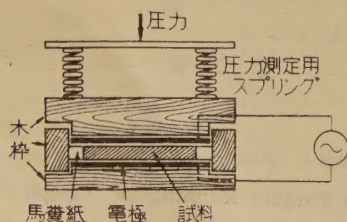
1. 緒 言

本研究はゴムの加硫を高周波加熱器を用い工業的に行う場合に遭遇する種々の問題を検討し、その資料を得るために行つた基礎的研究である。従来ゴムの加硫は蒸気によつてなされていたもので最近高周波加硫が取上げられる様になつた。然し現在のところ高周波による加硫は特殊の場合を除いては未だ工業的に実施されるまでには行かず研究の域を脱しないやうである。従つて吾々の実験結果は必ずしも妥當のものと思はれないが、この際今迄得られた結果について報告し御批判を願う次第である。

この実験に使用した高周波加熱器は島田理化工業株式会社好意により貸與を受けたもので、出力4KW、波長6m、發振管 T.R.-594A×2本、整流管 H.V.-972A×3本、電源200V、50~60∞3相、入力8KWで相當大容量のものである。

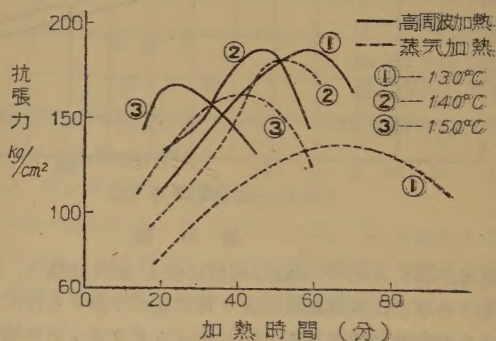
2. 實驗方法とその結果

この実験に用いた試料は重量比に於て、生ゴム 100、硫黄 3.5、促進劑マーキヤブトベンゾチアゾール 0.5、ステアリン酸 1、亜鉛華 (5, 10, 15,) を加えたもので、蒸気加硫を行う場合と同様にロールにかけて充分素練したものをカレンダーに掛け壓延板状としたものである。試料は 130×40×10 に切断し、内側縦、150耗、横60耗、深さ20耗の木枠の中に入れ、厚さ3耗のアルミニウム板電極に挟み手動プレスにより平方厘當り8Kgの壓力を加え電壓を印加するようにした 温度の測定は枠の横に寒暖計を挿入する様に行つた。(第1圖)



第 1 圖 實驗裝置

實驗 1. 亜鉛華 5 を配合した場合、温度 130°C, 140°C, 150°C, とした際得られた結果は第 2 圖の如くであつた。



第 2 圖

上圖 (1) (2) (3) は夫々 130°C, 140°C, 150°C の場合で實線は高周波加熱、點線は蒸気加熱によるものである。

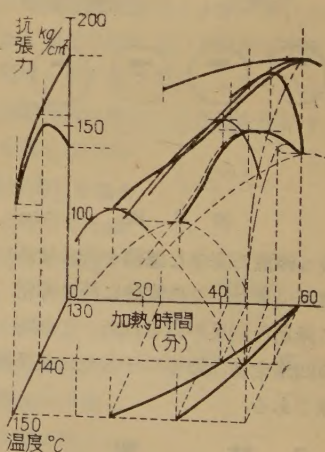
今これ等の結果を時間及び温度に對する抗張力の特性で示すと第 3 圖の如くである。圖から明かなことは高周波加熱は何れの温度に於ても加硫時間が早く、且つ抗張力は幾分上昇していることは注目すべき事柄である。

實驗 2. 次に温度 140°C 一定とし亜鉛華の量も 5, 10, 15 と變化させ加硫した結果は第 4 圖である。

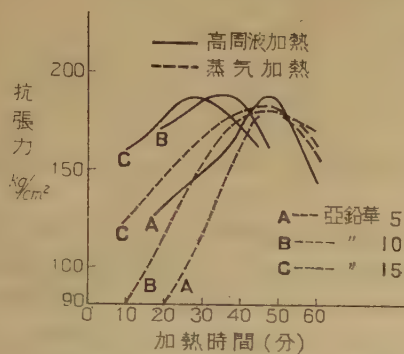
上圖 ABC は亜鉛華の含有量を夫々 5, 10, 15, のもので點線は蒸気による加硫結果であり、實線は高周波による加硫を示したものである。この場合にあつても

實驗 1 の場合と同様

高周波加熱の方が加熱時間が短縮され抗張力が大になることは興味ある問題である。



第 3 圖



第 4 圖

3. 結 言

以上の實驗結果から考察して高周波加熱は蒸氣加熱に比較して少くとも抗張力の點に對しては優秀なものが得られる様に想像される。然しゴムは使用の目的によつて硬度、摩耗、伸び等々種々の性質が要求されるし、電力料金と石炭代との比較等研究すべき點が多々残つている。それ等に就ては順次報告する豫定である。

本研究は稻田教授指導のもとに文部省自然科学研究費の補助を得日本大學工學部電氣材料研究室に於てなされたものであつて、研究に對し種々の御便宜を與えられた島田理化工業株式會社専務水間正一郎氏に對し深厚なる謝意を表する。また實驗に助力された學生古館君馬場君にお禮を申し上げる。

On the Vulcanization of Rubber with a High-Frequency Radio Heater.

by Shoichiro FURUSAKA

The author experimented on the vulcanization of rubber with Radio Heater of 50 megacycles.

The results obtained are as follows.

- (1) The mechanical properties of rubber, vulcanized at best conditions with the radio heater, are more excellent compared with that vulcanized by steam heating (Fig. 2).
- (2) When radio heating is used instead of steam heating, the time needed for vulcanization of rubber containing 15% of ZnO is shortened,

(continues from page 7)

On the Parallel Running of Tungar-Tubes,

by Hiroshi MIYAGI

In this paper, the circuit for the parallel running of Tungar-tubes (discharge tubes) are explained, and some experimental results on them are given.

The author designed three different circuits for this purpose: a) resistance circuit b) inductance circuit c) mutual inductance circuit, and explains that the system c) gave the best performances as shown in Fig. 5 on page 7

巨頭鯨油の電氣的性質に就て

(1949年9月7日受理)

升 谷 孝 也 ¹⁾

1, 緒 論

電氣絶縁油の現況に鑑み我國獨自な立場から、特異性ある巨頭鯨油の電氣的性質に就いて研究を始めたものであるが、如何なる方面に利用せられるかは今後の研究に俟たなければならない。

此の巨頭鯨は土佐沖及び熊野灘沿岸に於て捕獲せられるもので、本土太平洋沿岸到るところ游泳するものであつて、全長5~10m位、その形態は抹香鯨に似てゐる。

この鯨油は近年迄水田に寄生する寄生虫の驅除劑として、或は又生産地に於ける地方的食油として供されていたが、餘り好まれない状況である。又戦時中には各種潤滑油の不足に伴つて、漁船用機關の代用潤滑油として粗製の儘で使用せられていた。筆者はこの郷土的産物が餘りにも原始的でしかも利用價値の少いのに着目し、電氣絶縁油として使用可能ではあるまいかと考え、以下の研究を行うことにした。過去に於ても動物油並に植物油⁽²⁾⁽³⁾についての研究報告はあるが、動物油脂就中鯨油に對しては餘り多くの研究が見られず、またその對照は何れも遠洋捕獲鯨類を主体としたものであつて、現下の状況に於てはそれら鯨の入手に困難を伴うものである。

2, 試料の採取法

巨頭鯨油はその皮脂より煮沸抽出して製するものである。實驗に供した試料は、和歌山縣太地町に於て捕獲せる巨頭鯨の原皮脂を細片(10×5×1cm)にして、加熱抽出處理したもので處理中血液の凝縮を速かにするため、原皮脂量の數%に相當する飽和食鹽水を添加して煮沸した。煮沸後常溫まで冷却して油を汲みとり、これを粗油と呼ぶ。

粗油の酸價は略2~3位である。試験に使用した試料はこの粗油を次の如く精製して、それらを夫々A, B, C, の三通りとした。

A 試料 (酸性白土處理→アルカリ處理→湯洗→酸性白土處理)

先づ粗油を酸性白土とアルカリとをもつて、處理精製する。

それには粗油を數週間靜置して、その上澄油をとり一立容のフラスコに移して、その重量の2%に相當する酸性白土を加えて、80°Cの溫浴槽中で30分間攪拌しながら熱すると、黑色な濃稠タール狀の沈澱物が生成される。これを常溫の水で冷却し2~3日間放置して上層油をとり濾過する。次に酸價を測定して25%の苛性カリ水溶液をその中和量だけ注入し充分に振盪した後、60~80°Cで約60分間熱すると石鹼混和物が出来る。これを除き分液濾過器で數回湯洗してアルカリ分をとり、最後に仕上げと脫水の目的で酸性白土1%を投入して80°Cにて熱し放置して常溫となつた後濾過して濾過油を得る。これがA試料である。A試料の色は淡黃と透明で、比重0.909 酸價0.88 である。

B 試料 (酸性白土3回處理)

粗油を酸性白土で前後3回の處理を行う。先づ粗油の2%に相當する酸性白土を加えて、80°Cで30分間熱し常溫になつた後濾過する。

次に1%の酸性白土を加え前同様の操作を行い、最後に2%の酸性白土で仕上げをなす。この處理溫度は何れも酸性白土の反應力大である80°C邊で行つた。これをB試料とする。B試料はA試料と略同一色を有していて、比重0.910、酸價0.93~0.98であつた。

C 試料

C試料は粗油を油罐に密閉して、暗室中で三ヶ月間放置した場合の上澄油である。色相は淡黃褐色であつて比重0.9012 酸價0.83であつた。

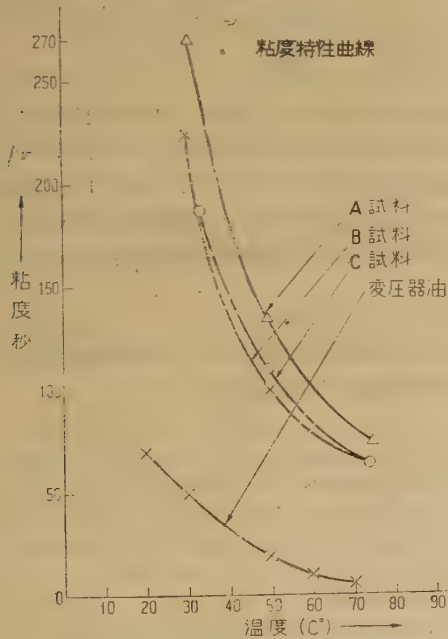
以上の三試料に就いて考察すると、酸價は何れも0.83~0.98の範圍でC試料が最も少いのは一寸不可解であるが、A, B 試料を冷却すると白色蠟狀の物質が全量の20%程度出來て、器の底部に沈澱する。これを濾過器で除くとこの上層油は酸價が0.2位で、凝固點も低い試料となる。この様な點より見ると油中に含まれる該物質によつて、酸價、粘度等は若干の影響をうける様と考えられる。これ等に對しては目下研究中である。

以上の三試料の性質は第1表の如くである。

第 1 表

	A 試 料	B 試 料	C 試 料
色 相	淡黄色透明	淡黄色透明	淡黄褐色透明
比 重	0.909	0.910	0.9012
酸 價	0.88	0.93~0.98	0.83
引 火 點	320°C	327°C	270°C
粘 度 (レッドウッド)	30°C 50°C 75°C 270 135 76	30°C 50°C 75°C 224 99 62	35°C 50°C 75°C 185 111 63.7
誘電体損	4000V/mm 2.99%(11°C) 3.59(56°C)	—	—
絶縁耐力	35.5K.V.	40.4K.V.	42.7K.V

又温度と粘度との関係は第1圖に示す。



第 1 圖 粘度特性(レッドウッド)

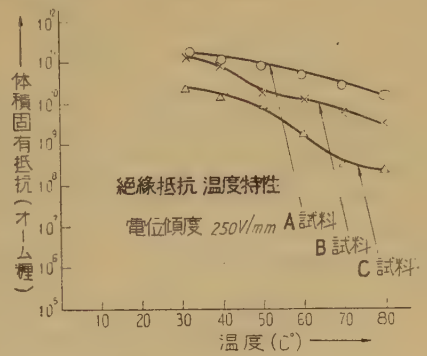
3. 電氣的諸性質

A,B,C, 三試料の電氣的諸性質に就いては、一般的性質中の粘度及酸價を日本標準規格に照合すれば、變壓器油としては若干大きい値を有しているが、これも蓖麻油が實用される點より見て充分に使用可能である。又酸價も 0.2程度となり得るから大豆油に匹敵する。以上の外他の電氣的性質を究めて見よう。

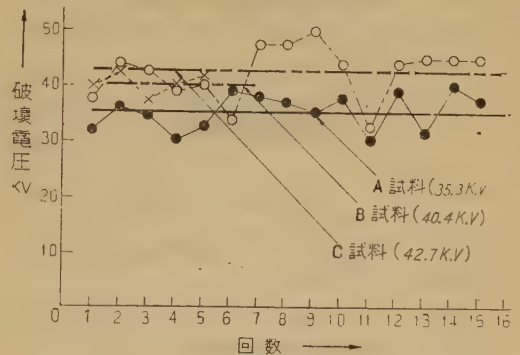
a, 絶縁抵抗試験

絶縁抵抗の測定は直流直偏法 (250V印加) を採用し、電極は同心圓筒電極を使用した。その結果 A 試料の常温度体積固有抵抗は $10^{11} \Omega \text{cm}$ で、B 試料も略同様であつた。

C 試料は若干低く $10^{10} \Omega \text{cm}$ で、温度と体積固有抵抗の関係は第1圖に示す。



第 2 圖 体積固有抵抗温度特性



第 3 圖 絶縁耐力

b, 絶縁耐力試験

この試験は日本標準規格に基づき、電極は直径12.5mm 間隙 2.5mm で、その實驗結果は第3圖の如くであつて、A,B,C, 三試料は何れも規格に適合している。

c, 誘電体損及び誘電率の測定

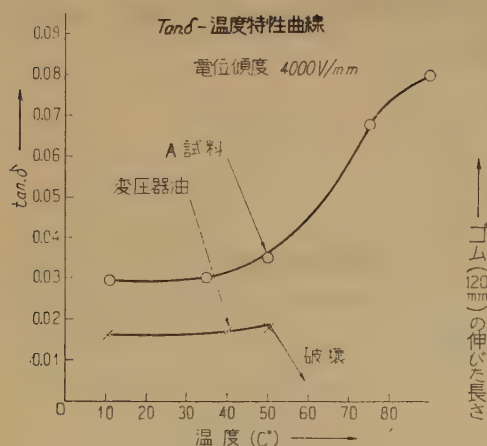
試験した A 試料は精製後空氣中に 190 日間放置して、單に塵埃の侵入を防ぐ程度に覆をしていたもので、この間室温も相當變化したものと思はれる。

これを Hartmann Brown Co. 製の Shering Bridge を用いて、電位傾度 4000V/mm 周波数 50 ∞ . で測定した。又 A 試料と比較する目的で、市販變壓器を開罐直後濾過して温度を變化しつつ同様測定を行つて見た。然し 90°C 以上の温度では試料が破壊するために行はなかつた。

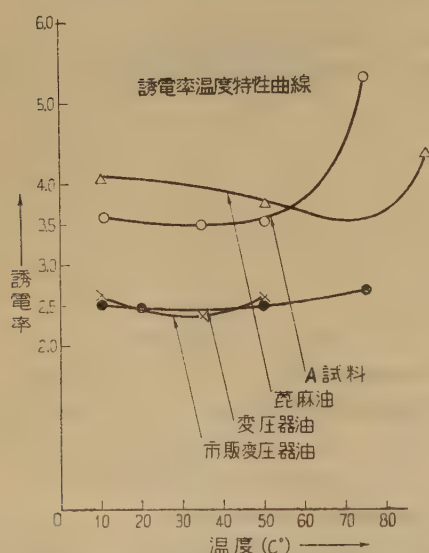
以上の温度と誘電体損との関係は第4圖の如くである。又誘電率も同測定器による結果より求めたもので、誘電率と温度との関係は第5圖の如くである。

4. ゴムに対する鯨油の作用

市販薄赤色彈性ゴム紐 (幅2mm厚1mm) を變壓器油と巨頭鯨油中に浸して、四ヶ月間放置しその間の變化を



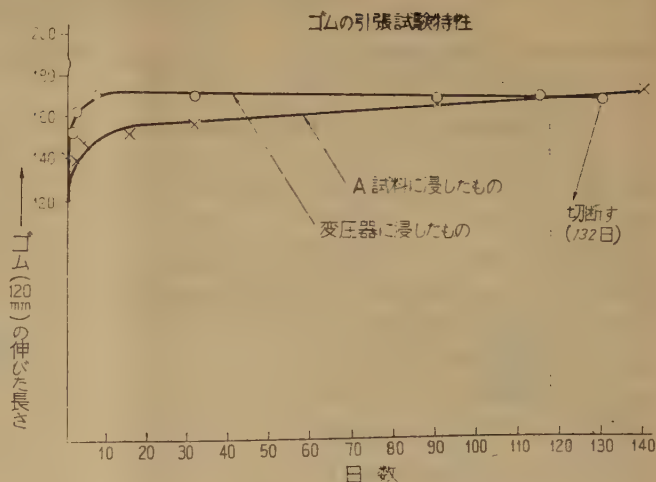
第 4 圖 誘電体損温度特性曲線



第 5 圖 誘電率温度特性曲線

見たが、変圧器油よりも褪色作用は若干大であつたが、
両油のゴム紐に対する膨脹作用は略同様であつた。2 日
間後に大体50%膨脹し以後大した変化はなかつた。

伸びの變化は第6圖の如くで、互頭鯨油は變壓器油に
比較して優れてゐる。



第 6 圖 浸油ゴムの引張試験特性

5. 結 論

現在迄の結果を綜合して見ると、精製上究明すべきところ
は多く残つてゐるが、絶縁油として使用可能であつて
亦他にも利用出来ると思はれる。最後に終始御指導を
賜つてゐる稻田教授に衷心より感謝の意を表する。

(本研究は文部省科學研究補助費をうけ本學に於て行
ふ。)

On the Electrical Characteristics of GOTO Whale-oil,

by Takaya MASUTANI.

GOTO Whale-oil can be used as transformer oil if its electrical properties are excellent enough to be used as electrical insulating material.

So the author experimented on the electrical properties of this oil and the following results were obtained;

- The insulating resistance of this oil is of the order of 10^{11} ohm-cm (Fig. 2).
- The break down voltage of this oil is 35.4 KV (Fig. 3).
- The dielectric loss is 0.03 at 11°C (Fig. 4).
- The dielectric constant is 3.59 at 50°C (Fig. 5).
- The damaging action of this oil on rubber strip is less than that of transformer oil (Fig. 6).

参 考 文 献 (2) 清水, 鯨油の絶縁被膜に就いて, 昭和14年 (電氣學會誌)

(3) 岡本, セチルアルコールを脱水せる電氣絶縁油に就いて, 昭和21年 (電氣日本)

(4) 山田, 電氣絶縁油

(5) 土屋, 柱上變壓器油としての蓖麻油, 昭和22年 (電力)

(6) 岩竹, 小倉, 満州産大豆油と變壓器油, 昭和10年 (電氣學會大會豫稿)

光電管を應用せる金屬表面瑕瑾検出に就て

(1949年9月7日受理)

山 本 滋¹⁾

1. 緒 言

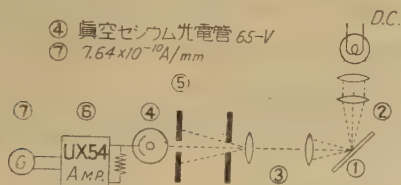
金屬表面仕上に於て生ずる瑕は常に重要な問題であり其の検出法として色々あるが、比較的簡易にして確實性のある光學的方法により研究したので報告する。

2. 方法並びに装置

平行光線を金屬面に當て其の反射光線を光電管に受ける時金屬面に瑕が存在するならば平滑表面に比べて光電管への入射光束量は減少し直ちに光電流の減少となつて外部の指示器に示され瑕の大きさが解つてくる。

装置として第1圖の如く試料片(1)に集中光線(2)を當て其れと直角方向に顯微鏡(3)を置いて試料片の影像を光電管(4)の直前のスリット(5)面上にむすばせる、光電流はUX54を用いたる Debridge and Brown circuit (6)を用いて直流増巾しガルバー(7)にて検出する。この時ガルバーの電流は光電管の入射光束量に比例して示されるのである。尙顯微鏡(3)を用うれば、スリット(5)を大きく作ることが出来入手が容易になる。

さて第2圖をスリット(5)面上に於ける試料片の像圖とする。圖に於て



第 1 圖

S .. スリット (5) の面積

s .. 試料片の瑕のスリット (5) 面内の像面積

ϵ .. 瑕の像の吸収率

E .. 平滑標準金屬面を (1) (第1圖) に置いた時スリット (5) 面上の照度

I .. 平滑標準金屬面を (1) (第1圖) に置いた時ガルバーに示される電流の大きさ

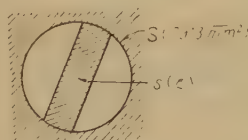
I_1 .. スリット (5) 上に瑕の像が來たるとき、ガルバーに於て I より減少した電流の大きさ。

とすると次式が成立する。

$$E \cdot S \times \frac{I_1}{I} = E \cdot s \cdot \epsilon$$

$$s = S \times \frac{I_1}{I} \times \frac{1}{\epsilon} \dots \dots \dots (A)$$

A式に於て ϵ が知れるときは I_1/I を測定すれば直ちに s が知れることになる、 ϵ については後述する。



第 2 圖

s を顯微鏡 (3) の擴大率にて割れば金屬面の瑕の眞の面積が求まる。

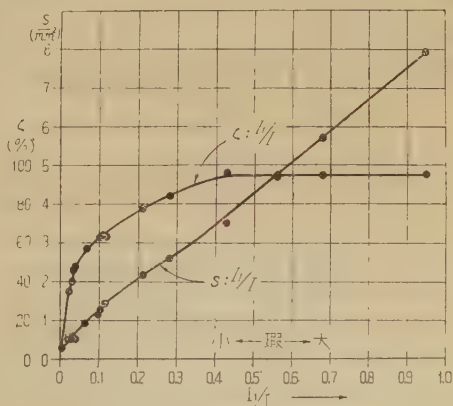
筆者は S として 7.913 mm^2 、顯微鏡の擴大率 (面積) 709.9 倍となし結局試

料片表面上の 0.01114 mm^2 を検査していることになる。

光源ランプとして $6 \sim 8 \text{ V}$, 50 W 自動車ランプを用い試料片上に集中光線を當てた。試料片上の照度は 65000 lux である、

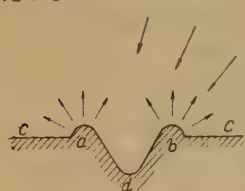
3. 結果並びに検討

試料片として真鍮板にニッケル鍍金を充分厚くし齒科用ルージュにて良く研磨し研磨の際得られたる各種の瑕 (線形、圓形、橢圓形) につき測定する。 ϵ の問題を考へて見る。A式に於て ϵ が I_1/I に對し或る特定の曲線を畫けるならば I_1/I を測定することにより直ちに瑕面積が求まつてくるのである。その爲スリット (5) 面上に於て各試料片の瑕の擴大像を寫真にとり其の面積を精密に測定し之を s として A式より I_1/I に對する ϵ を求め第3圖の曲線を得た。



第 3 圖 $\epsilon - I_1/I$ 特性

す： I_1/I は對數曲線をなし I_1/I が0.6以上1迄(瑕の眞の面積 $0.00664mm^2$ より $0.0114mm^2$)は瑕の吸收率 ϵ は95%位であり其れ以下の小さな瑕は小さくなるほど ϵ は小となり對數的に減少する。この理由は各瑕につき顯微鏡寫眞をとりよく調べた處その瑕の部分の断面は第4圖の如くになつて居り、同圖の ab の部分即ち瑕の兩側の部分に於て金屬が必ず盛り上つて居り ab の部分は平滑表面 c に比べ寫眞を見ると非常に輝やいて見えるものである。



第4圖

この盛り上つた金屬の量は
その金屬 種類、瑕のつき方
研磨方法により左右されるも
のであるが同一金屬、同一研
磨方法ならば次の事が云え
る。

即ち大きな瑕のときは ab

の量は多いけれども多いために研磨磨滅されてしまひ一部分残つているが小さな瑕の時は a, b の量は少なく中々研磨磨滅されず殆んどそのまま残つてくる。其のために瑕が大きくなつてくると(巾 $0.0585mm$; スリット内の瑕の面積 $0.00664mm^2$ 以上) a, b の部分はその瑕の面積に對してあまり問題にはならないが、瑕が上の値より小さくなつてくると a, b の部分は問題になつてくるのである。

さて試料片への入射光束量を増すために第4圖第1圖の如く集中光線を投射するのであるが、その結果 a, b の部分に於て亂反射をなしスリット面上の像には平滑面 c より明るい像をむすぶ事になるので更に前述の如く瑕が小さくなればなるほど a, b の影響が大きくなり瑕の像は見た處益々明るく見えて来る、即ち ϵ は小となつてくるのである。

筆者の得られたる瑕は $0.000735mm^2$ 巾 $0.0063mm$ より

$0.0114mm^2$ まで27種について取つた。

$0.000735mm^2$ のとき I_1/I は 0.0244 であり實際はもつと小さな瑕の測定が可能になつてくるがこれより小さな瑕は中々見當たらざり以上の値で止めておいた。次にこの方法の利點缺點を述べて見る。

利點 1. A 式より I_1/I をとる間(約15秒)だけ E が一定であれば良い。即ちこの方法は光源の明るさには關係せず又その變動も短時間だけ變動しなければよいのである。

2. 測定時間が15秒位で短い。

3. 測定技術を習得すれば測定範圍内の誤差は $2/100000$ の範圍内で實用的である。

4. 装置は簡單で故障することは殆んどない。

缺點 1. 餘り大きな瑕になつてくると第4圖の d の部分即ち瑕の中央よりの反射があり結果は正しくない。

2. スリット内には瑕を1個のみ入れるので2個以上同時に入つた時は結果は正しくない。

3. 形の複雑なる瑕に對しては正しくなく例えば研磨による瑕には有効である。

筆者の経験によると小さな瑕は大部分研磨により生ずるので線形をなしている。

4. I_1/I の小さな附近では ϵ の値を求めるのが困難になつてくる。

尙この應用としてボールベアリング、齒車齒面等の瑕疵檢出器として試作し同件は(昭21—1825)(昭21—1829)として出願公告決定した。

尙本研究は昭和21年22年の電氣三學會連合講演大會に提出した。

終りに終始御指導下された横地、大山兩博士に深く感謝致します。

Detection of Streaks on Metal Surfaces by Means of a Photo-Electric Tube

by Shigeru YAMAMOTO

A new photo-electrical method for measuring the area or the breadth of a streak on a metal surface is developed. A light beam reflected from a specimen, is magnified by a microscope and converted into a photo-electric current. This current is amplified and measured by a galvanometer (Fig. 1).

The area s of a streak in the visual field is measured electrically by using the relation (A), where ϵ denotes the absorption power of the streak, calibrated as shown in Fig 3., where S denotes the total area of the visual field, I denotes the electric current read when a standard flat plate is being viewed, and I_1 denotes the decrement of the current when the specimen with a streak is substituted.

磁歪現象應用に依る燃料噴射弁の研究

(1949年9月10日受理)

曾 根 健 哉 ¹⁾

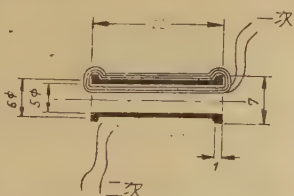
1. 緒 言

ディーゼル機関、特に高速ディーゼル機関に於ては燃料の噴射過程が機関の性能に重大なる影響を興える爲、噴射弁の型式も燃燒室の種類並に形状に適合する如く、單孔型、多孔型、ピン型、狹挿型等種々あり、又其の各々に就ても細部の設計は製造者に依り異なる。本實驗はこれら噴射弁の設計資料を得る目的を以て、先づピン型噴射弁の運動の測定を試みたものであり、目下實驗を進めつつあるが今回は磁歪現象應用に依る實驗方法及び實驗結果の一部を報告する。

2. 實驗の方法及び装置

(1) 磁歪式発信器 鐵及びニッケルの如き磁性体を磁場の中に入れると鐵は其の長さが増加し、ニッケルは減少する。何れも磁場の強さを増減すると之に應じて長さは變化する。かくの如き現象はバルクハウゼン効果として知られて居る。又コイル中に磁性体を磁化して置き、之に應力を生ぜしむればコイルに起電力を生ずる。これ等を總稱して磁歪現象と言う。

本實驗に於ては感度を良くする爲に、純ニッケル管を使用し、之に捻り荷重を加える如くした。第1圖はニッケル管にコイルを巻いた状態を示す。第2圖



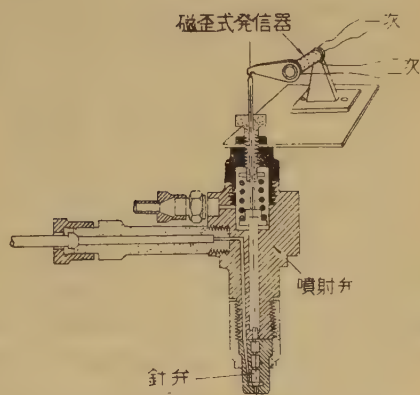
第1圖 磁歪式発信器

は発信器を噴射弁に装

着した處を示す。同圖に示す如くニッケル管の一端に取付脚を附し他端に腕を取付け噴射弁の感じ棒を針弁と豫め連結して置き、之に依り腕の先端を押シニッケル管に捻り荷重を加える如くした。発信器の要目を第1表に示す。

ニッケル管を磁化する爲の一次コイルには特に設計した高周波發電機を用い勵磁した。

勵磁電圧 8.0~22.0V
勵磁電流 0.7~0.8A
周波數 500~3000 ∞



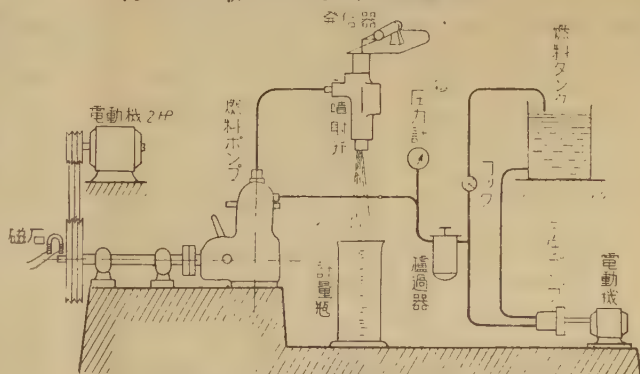
第2圖 磁歪式発信器取付圖

(2) 裝置 第3圖は實驗裝置を示す。噴射ポンプはロバートボッシュ P E 型を使用した。其のプランヂャー直徑及び行程は 10×10mmである。噴射弁は同じくボッシュ式ピン型を用い噴射壓力(最大)を 200kg/cm²に調整した。

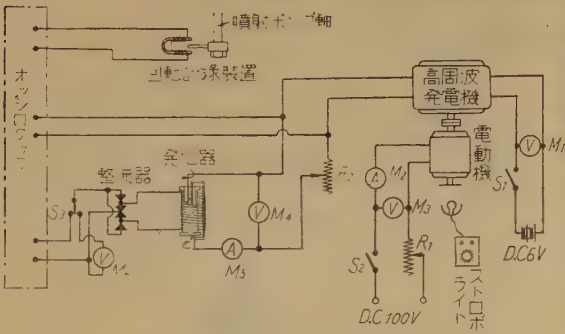
第1表 発信器要目

純ニッケル管	長サ×外徑×内徑	22×6×5mm		
コイル	捲方	線徑	捲數	抵抗
一次	管の内部を通し縦方向に捲く	34#	80回	4.5 Ω
二次	管の外側に圓周方向に捲く	34#	400回	14 Ω

噴射ポンプの驅動は電動機に依りVベルトを以て驅動し、噴油は大氣中に噴出せしめた。尙燃料タンクと噴射ポンプの間に豫壓ポンプを設け、噴射ポンプ入口の壓力を 0.3 kg/cm² になる如く調整した。



第3圖 實驗裝置



第 4 圖 電 氣 回 路

燃料は比重0.87の軽油を使用した。この様な装置に依りポンプを駆動し、針弁の運動を発信器に傳達し、これを起電力に変化しオツシログラフに導き記録する。

第4圖は電氣回路を示す。勵磁の周波數はマツダ社製小型ストロボライトを用い發電機の間轉數を測定し算出した。

3. 實 驗 結 果

(1) 針弁の變位と二次電壓との關係(靜的試驗)

第2圖に示す如く磁歪式発信器を噴射弁に裝着したま針弁の先端をスクリーマイクロメーターにて押し、變位と二次電壓との關係を勵磁周波數を變化し測定した。

第5圖に示す如く針弁の變位と二次電壓(起電力)との關係は直線的であり、周波數を増大する事に依り感度を著しく良くする事が出来る。

第2表より第6表は計測の結果を示す。こ　　らの結果

第 2 表

周波數		一 次 コ イ ル			二 次 コイル
500 ∞		電壓Volt	電 流 Amp	入 力 Watt	電壓Volt
計測番號	變位 mm				
1	0.10	4.30	0.55	2.36	0.012
2	0.15	4.30	0.58	2.50	0.020
3	0.20	4.30	0.52	2.23	0.021
4	0.25	4.40	0.55	2.42	0.050
5	0.30	4.20	0.57	2.38	0.070
6	0.35	4.20	0.55	2.31	0.080
7	0.40	4.30	0.56	2.41	0.100
8	0.45	4.30	0.58	2.48	0.130
9	0.50	4.30	0.54	2.32	0.140

第 3 表

周波數		一 次 コ イ ル			二 次 コイル
900 ∞		電壓Volt	電 流 Amp	入 力 Watt	電壓Volt
計測番號	變位 mm				
1	0.10	8.20	0.72	5.90	0.062
2	0.15	6.78	0.71	4.83	0.100
3	0.20	7.50	0.68	5.10	0.130
4	0.25	7.90	0.70	5.52	0.180
5	0.30	7.70	0.70	5.39	0.230
6	0.35	8.00	0.70	5.60	0.270
7	0.40	7.80	0.70	5.46	0.300
8	0.45	7.90	0.72	5.68	0.370

第 4 表

周波數		一 次 コ イ ル			二 次 コイル
1300 ∞		電壓Volt	電 流 Amp	入 力 Watt	電壓Volt
計測番號	變位 mm				
1	0.15	11.50	0.76	8.75	0.180
2	0.20	10.15	0.74	7.50	0.240
3	0.25	14.50	0.75	10.85	0.320
4	0.30	11.70	0.76	8.90	0.420
5	0.35	11.90	0.76	9.05	0.460
6	0.40	11.20	0.75	8.40	0.500
7	0.45	11.70	0.76	8.90	0.580

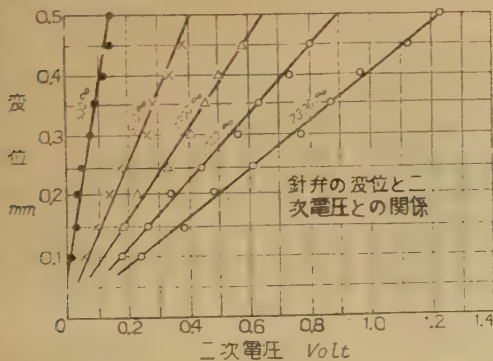
第 5 表

周波數		一 次 コ イ ル			二 次 コイル
2300 ∞		電壓Volt	電 流 Amp	入 力 Watt	電壓Volt
計測番號	變位 mm				
1	0.10	15.20	0.77	11.70	0.170
2	0.15	15.40	0.78	12.00	0.260
3	0.20	14.70	0.76	11.20	0.330
4	0.25	15.00	0.78	11.70	0.440
5	0.30	15.30	0.79	12.10	0.550
6	0.35	15.30	0.78	11.90	0.620
7	0.40	15.20	0.78	11.82	0.730
8	0.45	15.00	0.78	11.70	0.810
9	0.50	14.80	0.78	11.55	0.860

第 6 表

周波数	2300 ∞	一次コイル			二次コイル
計測番號	變位 mm	電壓 Volt	電 流 Amp	入 力 Watt	電壓 Volt
1	0.10	20.50	0.79	16.20	0.240
2	0.15	20.70	0.79	16.30	0.381
3	0.20	19.70	0.76	15.00	0.470
4	0.25	20.30	0.79	16.00	0.622
5	0.30	21.00	0.80	16.80	0.790
6	0.35	20.70	0.80	16.50	0.880
7	0.40	20.40	0.80	16.30	0.990
8	0.45	19.30	0.82	16.40	1.140
9	0.50	19.70	0.87	17.00	1.240

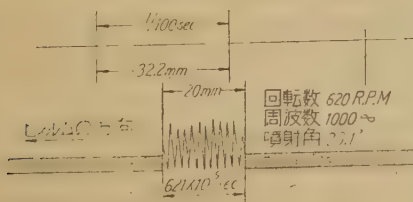
及び第5圖に依り明かなる如く、周波数の變化に依り二次コイルの起電力は變化するから、靜的測定に於ては周波数を正確に調整する事が必要であるが、瞬時測定に於ては測定の瞬間の周波数を正確に知れば、精度の高き測定が可能である。



第 5 圖

本實驗に於ては横河社製三極電磁オッシログラフを使用し、バイプレーターはA型を使用した爲個有振動數に制約され勵磁周波数は 2500 ∞ 以下を使用した。

(2) 針弁の運動の測定 第6圖は噴射ポンプ回転數 620 R.P.M. 勵磁周波數 1000 ∞ ポンプ開度全開に



第 6 圖

て計測せるオッシログラムを示す。

同圖に現れた山は勵磁の周波數を示し、頂點のエンベロープが針弁の揚程を表す。

噴射時間は 1/100sec の時間記録から算出すれば 621 $\times 10^{-5}$ sec となる、即ち時間記録の間隔は 32.2mm であり噴射の間隔は 20mm である。噴射の間隔を tsec とすれば

$$t = \frac{1}{100} \times \frac{20}{32.2} = 621 \times 10^{-5} \text{sec.}$$

又オッシログラムに現れた山の數は 12.5 山でありこの山の數の $\frac{1}{2}$ が周波數である(全波整流をして居る故)従つて山の數を n, 周波數を f, 時間 t とすれば

$$t = \frac{1}{f} \times \frac{n}{2} = \frac{1}{1000} \times \frac{12.5}{2} = 625 \times 10^{-5} \text{sec}$$

即ち時間記録より算出せるものと、周波數の記録(山の數)より算出せるものとの差は僅かに 4×10^{-5} であり周波數の測定の精度は充分である事が判る。

(3) 噴射過程に於ける壓力變化 本實驗に使用せる燃料噴射ポンプはボツシュ社カタログに依れば毎行程最大吐出量はプランヂャー直径 \times 行程が 10 \times 10mm に於て 0.250gr である。

今吐出量を Ggr, 有効行程を L_e , ポンプ内に於ける油の壓縮に要する行程 L_1 cm, 導管及び噴射弁内の油を壓縮するに要する行程を L_2 cm, 噴射壓力に到達以後の行程を L_3 cm とすれば第7圖により明かなる如く

$$L_e = L_1 + L_2 + L_3$$

吸入効率を η_s , 吐出効率を η_d とすれば

$$\eta_s = \frac{L_1 + L_2 + L_3}{L}$$

$$\eta_d = \frac{L_3}{L}$$

燃料の比重を ρ , D をプランヂャー直径 cm とすれば

$$L_3 = \frac{G}{\rho \times \frac{\pi}{4} D^2}$$

$$= \frac{0.250}{0.87 \times \frac{\pi}{4} \times 1^2} = 0.408 \text{cm} = 4.08 \text{mm}$$

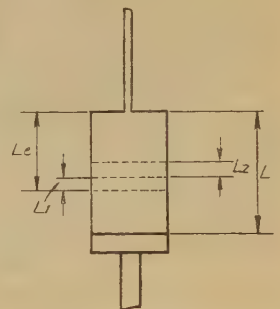
従つて

$$\eta_d = \frac{4.08}{10} \times 100 = 40.8\%$$

$$L - L_3 = 10 - 4.08 = 5.92 \text{mm}$$

即ちプランヂャーが 5.92mm 動いて初めて噴射は開始される。カムの形状の測定結果からカムの回轉角にて約 42° に相當する。

第6圖より噴射期間をカムの回轉角に換算すれば 620R.P.M に於ては噴射角度を θ , オッシログラム上



第 7 圖 (B)

第 7 表 噴射過程中的壓力變化

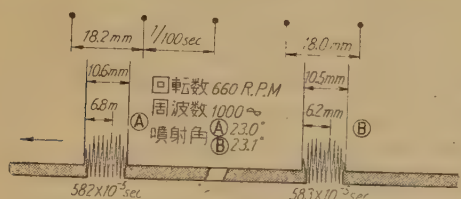
山 の 数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
カム 回 轉 角°	42.00	43.84	45.86	47.52	49.86	51.20	53.04	54.88	56.72	58.56	60.40	62.24
噴射壓力 kg/cm^2	170	149	187.2	186.2	193.6	195.4	183.6	200.0	195.4	195.4	196.4	173.6

の $1/100$ 秒記録の距離を L , 噴射期間の長さを l とすれば

$$\theta = \frac{620 \times 360 \times l}{60 \times 100 \times L} = \frac{620 \times 360 \times 20}{60 \times 100 \times 32.2} = 23.1^\circ$$

従つて一山の角度は、 $\frac{23.1}{12.5} = 1.84^\circ$ である、

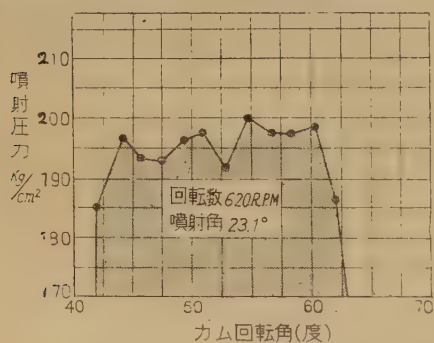
又噴射の最高壓力は $200kg/cm^2$ であり、噴射直前の



第 8 圖

油壓を $70kg/cm^2$ とすれば噴射過程に於ける壓力の變化は第7表及び第9圖の如くなる、

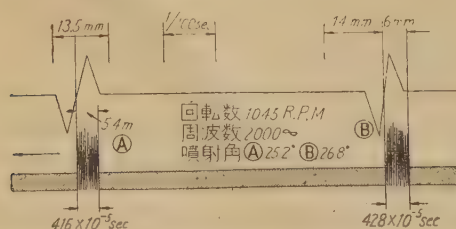
第8圖は回轉數 660 R.P.M 周波數 1000 に



第 9 圖 噴射壓力

て記録したもので(A)なる噴射の狀況と次の噴射 (B)との過程は全く同一の狀況である事が明かである。

第9圖を求める場合は導管内の壓力波、針弁の慣性力及び摩擦の影響は無視し針弁の揚程と壓力は正比例するものとして算出した。



第 10

第10圖及び第11圖は夫々回轉數 1045 R.P.M. 及び 1180 R.P.M. 勵磁周波數夫々 2000 ∞ 及び 2200 ∞ の記録である。

第12 はポンプ回

轉數 620 R.P.M

に於てフィルムの

速度を減じ數回の

噴射を記録したも

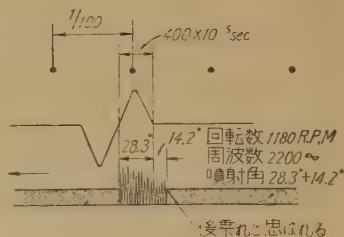
のであるが噴射の

狀況には殆んど差

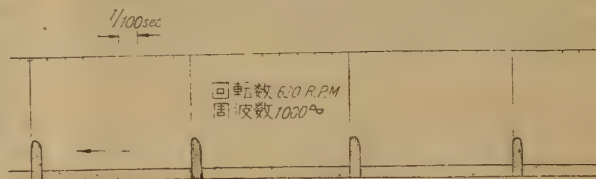
を認められない。

第10圖に於ける

(A)と(B)の間には多少差異がある。



第 11 圖



第 12 圖

4. 結 び

本實驗は開始後日淺く不完全なものであるが、磁歪現象を應用する事に依り針弁の如き高速にして微少なる運動を比較較簡單に把握する事が出来た。第6圖及び第8圖により明かなる如く、噴射の初期に於て針弁の揚程は急激に増加し、以後減少し再び最高値に達する。この噴射初期のピークは針弁の受壓面積に弁座の面積が増加し針弁の加速度を増す爲に生ずるものと認められる故に、受壓面積と弁座の面積の比は設計上大いに考慮されなければならない。狹狹型ノズルに就ては目下實驗中であるが、狹狹部の長さの決定もピークの大小により當然關係すると思はれる。又噴射過程に於ける針弁の最大揚程の位置即ち燃料の最も多量に供給される部分は、ポンプの速度の増大により前進する。

以上は磁歪現象の應用の一例を述べた程度であるが、實驗は目下繼續中であり、特に狹狹型ノズル設計の資料を得るべく努力して居る。

茲に未完成の研究の中間報告を行い諸彦の御批判竝に御教示を賜る事を期待する。終りに本研究に關し種々御教示を載いた仙頭一郎氏、後藤孝之氏竝に實驗に協力された阿部嘉一、藤波登諸氏に謝意を表す。

道路路面の凹凸測定

(第1報)

(1950年8月25日受理)

卷 内 一 夫

東大星野教授を主任研究者とする科學試驗研究「自動車の走行に適する道路構造」の分擔研究の一部である。

概要 走行自動車の振動の影響は相當廣範圍に亘るものであるがこの振動は路面凹凸によるものと自動車の自己振動との二つに分けられる。路面の凹凸の走行自動車に及ぼす影響及び路面施工、使用による路面の經年變化調査のために路面の凹凸の測定を行つた。本報告は實測の結果の記録に止めた。自動車の振動に依る影響、路面の

凹凸度と振動との關係については第2報に解説したい。

1. 測定道路

當初アスファルト、コンクリート2系に亘つて新設、5年經過後、10年經過のものゝ測定を計畫したが時間と經費と測定路線の選定の困難のために次のものを第一次調査のために選んだ。

第1表 測定路線

舗装の種類	施工年月	經年	路 盤	基 礎	舗装厚	路 線	場 所
アスファルト トベカ	昭16	10	處理セズ	1:3:6 コンクリート厚15 ^{cm}	5 ^{cm}	府縣道補助幹線16號品川一丁目	品川區役所横
" 簡 易	昭24, 1	1	" (舊)	水締マカダム30 ^{cm}	2.5 ^{cm}	五反田 澁谷一玉川線	中里驛附近
コンクリート	昭23	2	" (舊)	(舊)	20 ^{cm}	國道一號線	北品川一丁目
" グラノリシツク	昭12	14	"	1:3:6 コンクリート厚15 ^{cm}	5 ^{cm}	環狀7號線 府縣道56號	國道分岐點附

2. 凹凸測定器具

凹凸測定のためには 1) Straight edge 2) Profilo-meter 3) Vialoy? 4) Bumpometer 5) Profilograph 等があるが眞實の路面の凹凸を直接測定出来るものは Straight edgeである。本測定では第1, 2圖の様な測定器具を使用した。



第1圖 測定器具



第2圖 測定器具

3. 測定結果

平均路面に對しての凹凸量は實測より集計すれば第3圖~第5圖の通りである。料當換算量は第2表の通りである。

4. 測定結果の検討

1) コンクリート舗装とアスファルト舗装の凹凸量の比較

概括的にみてコンクリート舗装の方がアスファルト舗装に比較して凹凸量は2~5mm程度に平均分布する傾向にある。又アスファルト舗装よりも比較的凹凸量が少い傾向にある。これは施工仕上の關係からみると當初はアスファルト舗装(浸透式を除く)の方が平滑に仕上るのが當然であるが舗装の性質上經年のものはかくなることは、うなずけることである。

2) 凹凸量(大さ)の分布

料當30回程度に現れる凹凸を限度に考えるとアスファルト系のは9mm、コンクリート系のは8mmになりその分布は、2~4mm附近のものが最大である。

3) 交通量と平滑度

全般を通じて道路中心の交通量の多い處、高速部分の路面は路肩又は路側に比して平滑になる。緩速交通の部分及び駐車の多い路側は單にその影響による凹凸量があるのみでなく排水L型又は路肩の縦斷が十分に施工されないのと、その附近の路床も十分に施工されない結果から出来る凹凸の方が大きい影響を與えて居るやうに觀察される。

4) 凹凸の大きさとその長さ

凹凸の大きさとその長さ(波長)との関係は直線に近い、二次曲線となる。

5) 凹凸の一定大さとその期間との関係

精密に検討中であるが今のところ明確には出て来てゐない。

6) 経年の影響(交通量による影響)

交通量による影響は3)の通りであるが、この外に経年の影響は今の所不明である。コンクリート舗装では逐次平滑になつてゆく傾向にあり、アスファルト舗装ではその設計及び施行の完全か否かにかゝつてゐる。

【備考】

A. 測定凹凸曲線は凹凸測定桿の車輪直徑が2cmであるから大体路面の實際凹凸を表わしてゐる。

之等實際の凹凸量が走行車輪の振動に及ぼす影響は、

車輪の直徑及び幅、並びに性質で變つてくる。従つて Bumpometer の様な大きな車輪を用いるか又は實際凹凸の程度と車輪の振動との關係を見出すかしなければならぬ。又多くの測定器具のやうに路面の實際凹凸に對してのある一定長を移動し、その中間點の路面に對する距離の軌跡による凹凸量の表示との關係も亦再検討の必要がある。

B. 氣象條件その他による日中の變化は相當あるがこれは觀測器具の性質からみて無視しても良いと考えられる。

本試験の實施にあつては、日本大學工學部道路研究班の學生が實施し、東京都第二建設事務所の御援助を載いた。

第2表 軒當凹凸數量表

(-)

mm

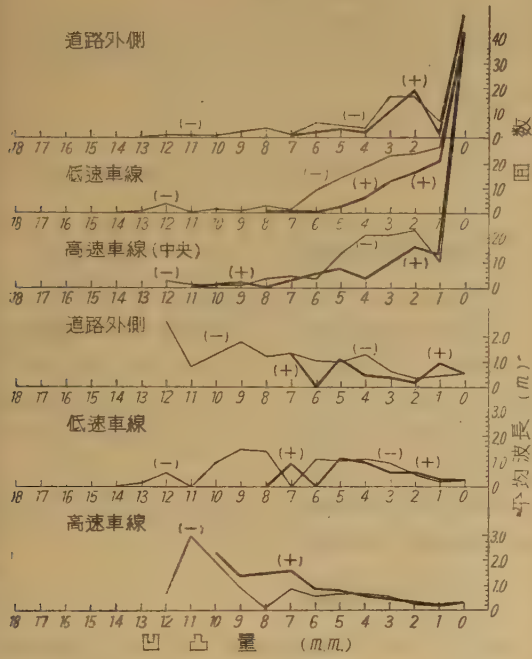
路	線	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1 6 號 線 (トベカ)	外	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	7	14	27	20	33	47	87	67	120	80	273
	低	—	—	—	—	—	7	7	—	—	—	—	—	—	27	7	33	13	47	53	93	140	47	200
	高	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13	7	—	—	20	20	27	93	87	107	176	—	514
世田ヶ谷—玉川線 (簡易舗装)	外	—	—	—	—	—	—	7	—	—	7	—	13	7	20	13	13	27	60	100	187	33	—	587
	低	—	—	—	—	—	—	—	7	—	20	—	20	27	20	47	7	40	33	127	93	67	—	547
	高	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	20	—	33	20	20	73	100	73	167	167	167	—	680
國道1號線 (コンクリート)	外	—	—	—	—	—	—	10	—	—	20	10	—	20	30	30	40	20	100	120	60	40	—	260
	低	—	—	—	—	—	10	—	—	—	10	—	10	10	—	—	70	30	80	80	240	230	—	640
	高	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	40	70	100	110	90	90	60	790
5 6 號 線 (グラノリシツク)	外	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	10	—	20	40	10	60	50	40	170	170	60	—	500
	低	—	—	13	—	—	—	—	—	—	7	27	—	13	7	20	7	60	93	120	157	160	176	487
	高	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	7	7	7	27	33	27	93	140	140	153	73	—	700

(+)

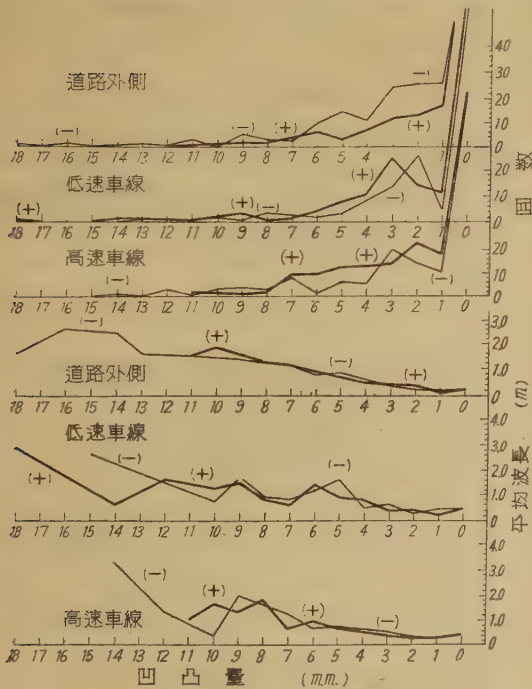
mm

路 線		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1 6 號 線 (トベカ)	外	93	156	140	80	73	40	33	27	20	20	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	低	107	87	40	27	67	7	7	13	7	7	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	高	73	147	57	27	47	20	7	20	20	—	—	—	—	—	—	7	—	—	—	—	—	—
世田ヶ谷-玉川線 (簡易舗装)	外	80	107	176	73	53	27	13	7	20	13	—	7	—	7	—	—	7	—	—	—	—	—
	低	113	147	87	80	80	60	13	7	1	13	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	高	116	87	80	47	20	40	27	13	13	7	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
國道1號線 (コンクリート)	外	20	130	100	40	10	60	10	—	10	20	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	低	130	230	80	90	40	10	50	20	30	30	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	高	40	160	110	100	50	20	20	10	—	10	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5 6 號 線 (グラノリ シユツク)	外	20	190	100	30	50	30	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	低	140	113	87	40	20	—	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	高	87	113	73	27	53	40	20	—	13	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

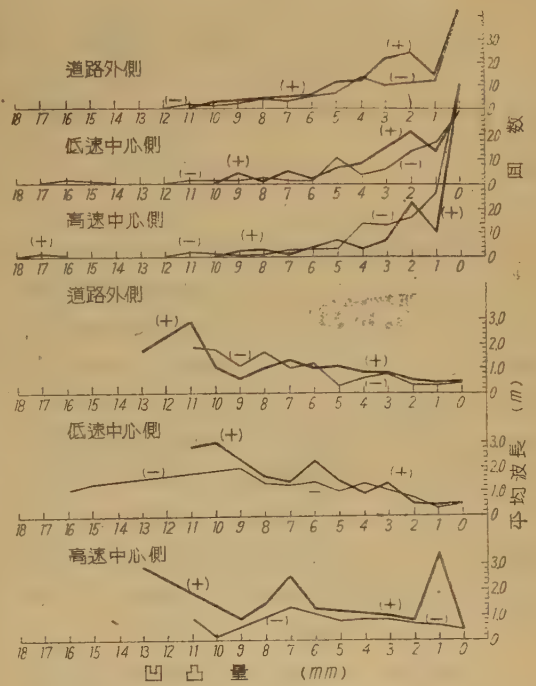
備考 外—外側測線 低—低速車道中心側測線 高—高速車道中心側測線



第3圖 環状7號線 大森一丁目地内 (學校裏)
實測結果

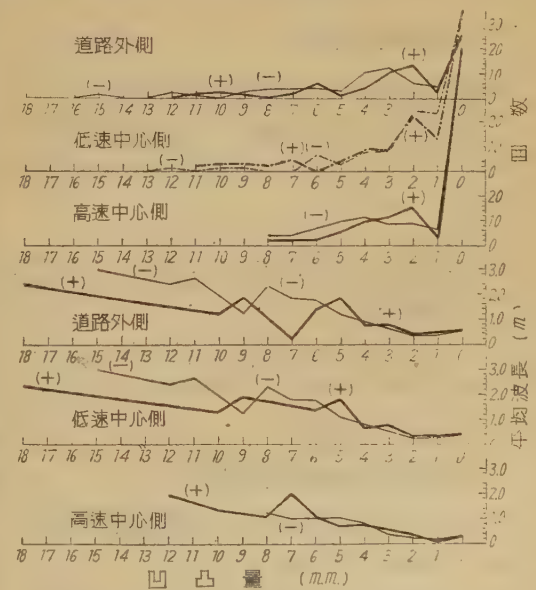


第4圖 補助幹線16號 品川一丁目地内
實測結果



第5圖 世田谷 — 玉川線 (中里地内)

簡易舗装(水締マカダム基礎30cm 浸透式マカダム2.5cm)
測定區間 150m 實測結果



第6圖 國道1號線 北品川二丁目地内

セメントコンクリート道 (厚サ20cm) 測定區間100m
實測結果

土の突き固め最大密度附近の性質の實驗研究

(輾壓土堰堤用土に關する研究 第1報)

(1950年8月25日受理)

卷 内 一 夫¹⁾

本研究は輾壓土堰堤用土の性質の研究の一端として土の突き固めによる最適含水、最大密度附近の性質の變化について實驗したもので、文部省科學研究費の援助と實驗に當つては中岡洋、小林榮一、原田靜一の諸君の手を煩わしたものである。

緊め固め土の含水の關係、その壓縮強度、電氣抵抗等については最近では星野和、久野悟郎、Warren D. Curtis等の研究實驗があるが、本研究はこれ等と少々異なつた觀點即ち最大密度附近の諸性質の變化を調査して土の緊め固めとその實際使用の最も適切な範圍を限定する目的のもとに行つたものである。

これは特に日本の一般的土堰堤用土の自然含水が大体標準緊め固めの含水(最適)よりも多いことが屢々あるからであり、氣象的關係からも米國のそれを踏習することが不可能であるからである。

1. 突き固めの効果

土の輾壓、締め固め、突き固め等の目的は

- 1) 土粒子の噛み合せ(Inter locking)を増大させる
- 2) 土粒子を包む余分の水分を驅逐して水膜厚を減少させ凝集力を増大させる
- 3) 空隙を減少させて最大密度にする
- 4) 殘存空隙は最適含水以後では水膜に包まれた空氣泡として存在させる

ことであるがこれ等の狀態に突き固められた土がその各種の性質に及ぼす影響等は特に最適含水、最大密度の附近で激しい變化を生じる。

2. 實驗試料の物理的性質

本實驗に用いた試料の物理的性質を一括表示すれば、第1表、第1圖の通りである。

比重はゲールサツクの比重瓶を用い、粒度分析は篩分分析及比重計試驗を併用した。液性限界、塑性限界はそれぞれ規定(A.S.T.M)に従つた。

3. 固突きめ方法

突き固め効果(Compact effect)をA.A.S.H.O(American Association of State Highway Officials)のStandard—Proctor standard に合わせるために、徑6" 深6" の型枠に10lb ランマーを用い、自由落下高6.6" 5層、各層突き固め回数55で突き固め効果は13,570lb/ft²とした。

試料は自然乾燥(氣乾)4# 篩通過のものを用い、乾燥度は大約乾色に變る直前迄とした。

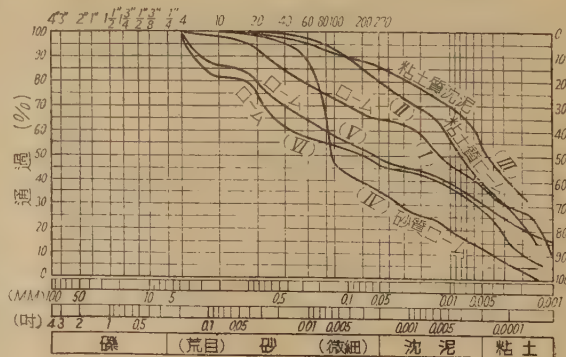
4. 突き固め試験

以上のI~VIの6個の試料について突き固め試験の結果は第2表~第7表、第2圖~第7圖になる。

但し型枠内容積は2778.00cm³ 貫入抵抗は圓形底面積とし平方吋のものゝ3吋貫入に對する抵抗を取つた。又型枠重量は3.55kg である。

第1表 實驗材料の物理的性質一括表

試料番號	I	II	III	IV	V	VI
比 重	2.618	2.538	2.404	2.564	2.660	2.702
液性限界	52.0	44.9	61.0	28.3	57.8	65.0
塑性限界	28.7	18.1	30.3	—	37.1	43.8
塑性指數	23.	26.8	30.7	—	20.7	21.2



第1圖 試料の粒度曲線

1) 工學部土木工學科教授

第 2 表 試 料 I

試験 番號	含 水 率 %	含 水 比	型枠内土重 kg	見 掛 比 重	乾 燥 重 量 g/cm ³	間 隙 率 %	貫 入 抵 抗 kg
1	13.735	0.15322	4,250	1.5295	1,319	49.40	
2	14.800	0.17380	4,320	1.5547	1,325	48.71	
3	15.310	0.18080	4,400	1.5835	1,341	48.63	
4	16.370	0.19570	4,550	1.6375	1,369	48.76	
5	17.140	0.20680	4,800	1.7275	1,431	45.31	
6	18.910	0.23320	4,920	1.7707	1,436	45.14	
7	20.260	0.25400	5,080	1.8282	1,458	44.54	
8	20.700	0.26110	5,200	1.8714	1,484	43.30	
9	21.780	0.27840	5,270	1.8966	1,485	43.32	
10	21.840	0.26810	5,300	1.9074	1,483	43.04	735
11	21.990	0.28190	5,200	1.8715	1,460	44.23	530
12	23.950	0.31500	5,100	1.8355	1,396	46.67	365
13	25.340	0.33940	5,050	1.8175	1,357	48.16	230
14	26.430	0.35910	4,950	1.7815	1,311	49.94	165
15	27.270	0.37500	4,900	1.7635	1,283	51.00	
16	29.030	0.40920	4,850	1.7455	1,239	52.67	

第 3 表 試 料 II

試験 番號	含 水 率 %	含 水 比	型枠内土重 kg	見 掛 比 重	乾 燥 重 量 g/cm ³	間 隙 率 %	貫 入 抵 抗 kg
1	5.918	0.0639	4,600	1.6555	1,5575	38.62	
2	7.412	0.08227	4,750	1.7095	1,5794	38.43	
3	10.151	0.11174	4,900	1.7635	1,5845	37.56	
4	12.455	0.13937	5,000	1.7995	1,5754	37.91	2,280
5	13.823	0.16026	5,250	1.8895	1,6283	35.83	1,180
6	14.366	0.16776	5,290	1.9038	1,6303	35.75	1,650
7	15.746	0.18689	5,450	1.9615	1,6526	34.87	1,280
8	15.942	0.18980	5,550	1.9975	1,6790	33.83	1,100
9	17.087	0.20660	5,650	1.0334	1,6860	33.56	560
10	19.771	0.24643	5,550	1.9975	1,6025	36.84	360
11	20.432	0.26300	5,450	1.9615	1,5607	38.50	265
11	20.965	0.26626	5,300	1.9075	1,5076	40.59	
13	23.489	0.33127	5,200	1.8714	1,4318	43.57	

第 4 表 試 料 Ⅱ

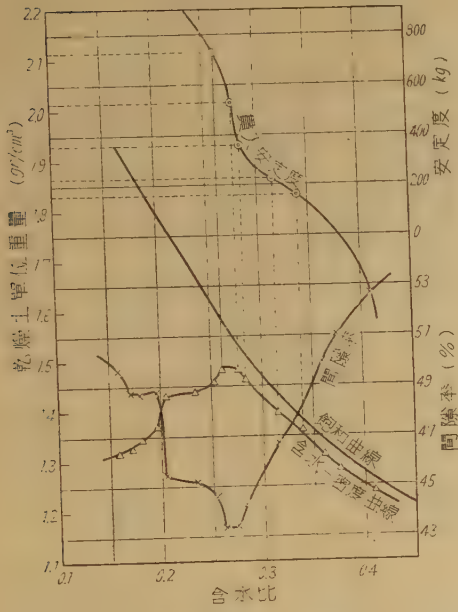
試驗 番號	含 水 率 %	含 水 比	型枠内土重 kg	見 掛 比 重	乾 燥 重 量 g/cm ³	間 隙 率 %	貫 入 抵 抗 kg
1	17.694	0.22509	4,050	1.4576	1,200	50.09	
2	19.825	0.24737	4,200	1.5116	1,212	49.57	
3	22.485	0.29007	4,350	1.5656	1,214	49.51	
4	25.136	0.33575	4,600	1.6556	1,239	48.43	
5	26.000	0.35136	4,650	1.6735	1,239	48.46	
6	28.035	0.38948	4,800	1.7275	1,243	48.28	770 k ⁸
7	28.920	0.40688	4,900	1.7635	1,253	47.84	360 "
8	29.382	0.41698	4,900	1.7635	1,245	48.19	185 "
9	31.139	0.45221	4,750	1.7095	1,170	51.02	150 "
10	32.465	0.48172	4,650	1.6735	1,130	52.98	140 "
11	34.389	0.52414	4,600	1.6556	1,086	54.81	

第 5 表 試 料 Ⅲ

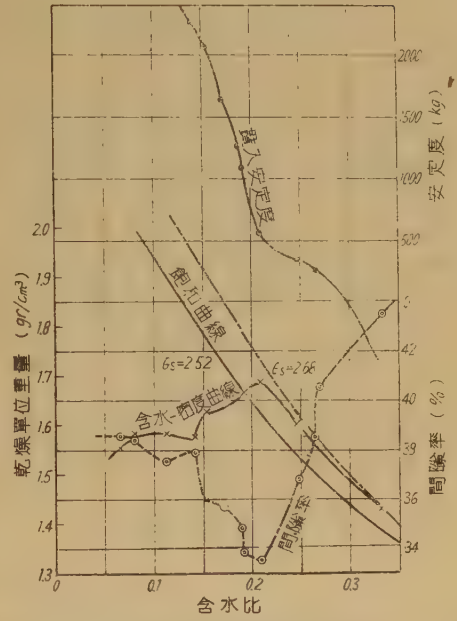
試驗 番號	含 水 率 %	含 水 比	型枠内土重 kg	見 掛 比 重	乾 燥 重 量 g/cm ³	間 隙 率 %	貫 入 抵 抗 kg
1	10.067	0.11193	4,150	1.4936	1,343	47.60	
2	12.137	0.13691	4,400	1.5836	1,391	45.74	
3	12.914	0.14829	4,650	1.6735	1,457	43.11	
4	13.396	0.15467	4,800	1.7275	1,496	41.64	
5	14.040	0.16333	5,000	1.7995	1,547	39.66	
6	16.203	0.17929	5,250	1.8895	1,583	38.24	3,100
7	17.993	0.21945	5,350	1.9255	1,579	38.41	2,075
8	18.522	0.22734	5,500	1.9795	1,613	37.08	1,300
9	19.025	0.23494	5,350	1.9255	1,559	39.18	350
10	19.588	0.24360	5,300	1.8975	1,526	40.17	200
11	22.704	0.29374	5,300	1.8975	1,467	42.48	120
12	24.091	0.31737	5,200	1.8615	1,413	44.72	
13	26.726	0.34647	5,150	1.8435	1,351	47.06	

第 6 表 試 料 V

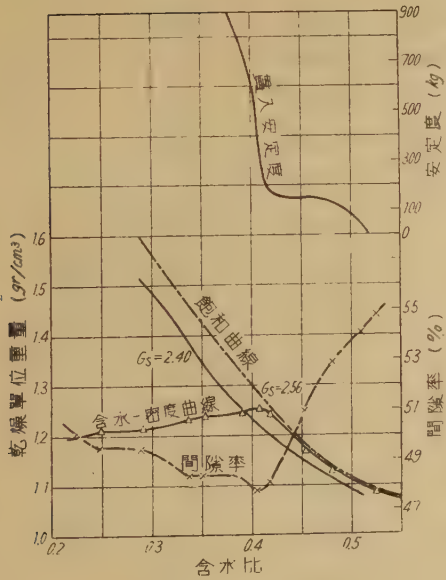
試驗 番號	含 水 率 %	含 水 比	型枠内土重 kg	見 掛 比 重 g/cm ³	乾 燥 重 量 g/cm ³	間 隙 率 %	貫 入 抵 抗 kg
1	8.773	0.09617	3,975	1.4298	1,3044	50.92	
2	20.220	0.25360	4,800	1.7265	1,3774	48.17	1300
3	22.940	1.29770	5,300	1.9064	1,4691	44.73	1050
4	23.770	0.3117	5,300	1.9064	1,4532	45.32	870
5	24.620	0.3267	5,250	1.8880	1,4232	46.44	530
6	25.530	0.3429	5,200	1.8704	1,3929	47.59	320
7	26.820	0.3677	5,000	1.7980	1,3158	50.48	
8	28.210	0.39288	4,850	1.7445	1,2528	52.88	



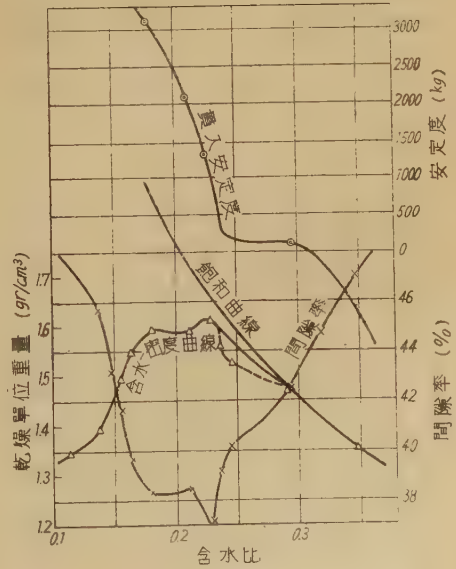
第 2 圖 資料Ⅰの性質



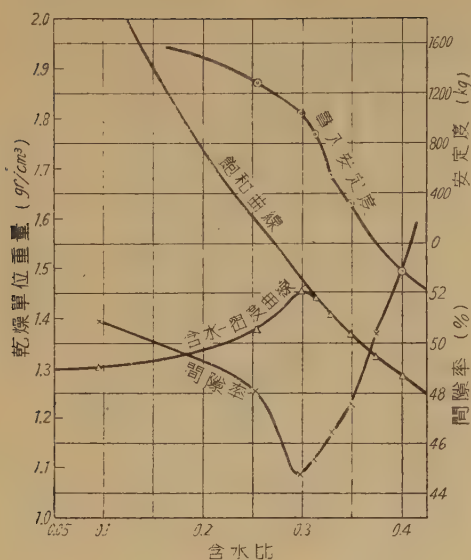
第 3 圖 資料Ⅱの性質



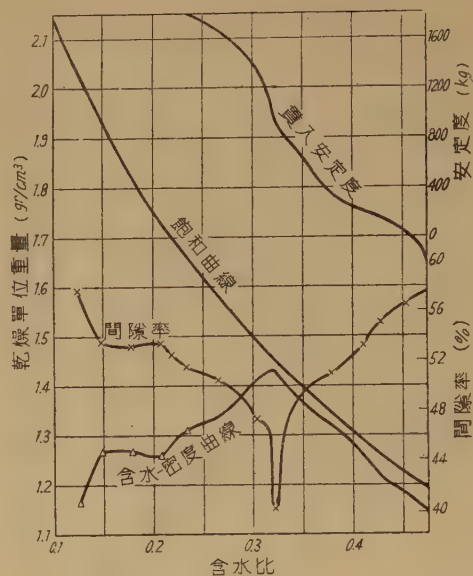
第 4 圖 資料Ⅲの性質



第 5 圖 資料Ⅳの性質



第 6 圖 資料 V の性質



第 7 圖 資料 VI の性質

第 7 表 試 料 VI

試験 番號	含 水 率 %	含 水 比	型枠内土重 kg	見 掛 比 重	乾 燥 重 量 g/cm ³	間 隙 比 %	貫 入 抵 抗 kg
1	11.08	0.1252	3,650	1.313	1,1675	57.70	
2	12.82	0.1479	4,000	1.4388	1,2543	53.54	
3	15.02	0.1763	4,150	1.4928	1,2686	53.02	
4	16.77	0.2060	4,200	1.5107	1,2574	53.43	
5	18.02	0.2197	4,350	1.5646	1,2826	52.49	
6	19.94	0.2336	4,550	1.6366	1,3103	51.47	
7	20.848	0.2635	4,700	1.6906	1,3382	50.43	
8	22.430	0.2893	4,950	1.7805	1,3811	48.84	1500
9	23.180	0.3027	5,150	1.8525	1,4231	47.29	1350
10	23.730	0.3121	5,250	1.8880	1,4399	46.66	1200
11	24.27	0.3206	5,260	1.881	1,4298	40.04	940
12	25.53	0.3429	5,150	1.8525	1,3796	78.91	720
13	27.30	0.3755	5,050	1.8165	1,3206	51.09	350
14	28.97	0.4079	4,950	1.7805	1,2647	53.16	215
15	30.29	0.4246	4,850	1.7445	1,2161	55.08	
16	31.194	0.4512	4,750	1.7086	1,1756	56.46	
17	33.160	0.4961	5,650	1.6726	1,1179	58.59	

5. 最大密度附近の土の諸性質に就ての比較試験

最大密度附近の土の性質の比較のために剪断試験, 壓

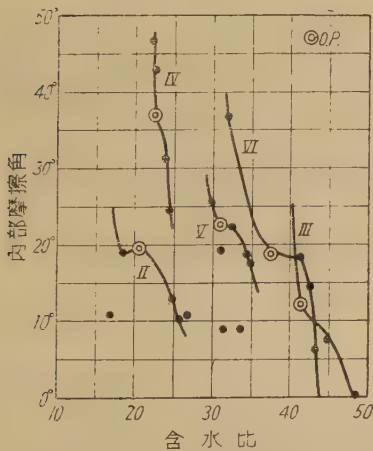
密試験, 透水試験, 貫入試験, 膨脹崩潰試験を行った。

A. 剪断試験

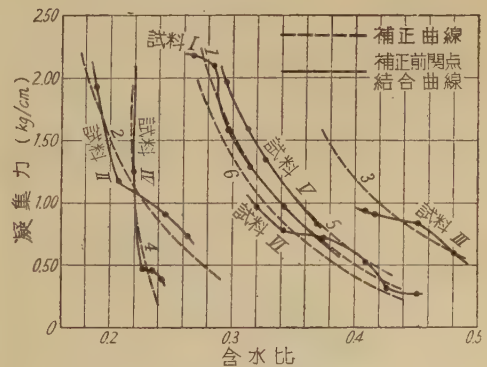
4×4×5cm 試料の小型二面剪断試験機を用いその結果は第8表, 第8圖の通りである。

第8表 剪断試験の結果

試料	試験 番號	含 水 比 %	内部摩擦角	凝 集 力 kg/cm ²	試料	試験 番號	含 水 比 %	内部摩擦角	凝 集 力 kg/cm ²
I	10	26.81	10°45'	2,170	III	7	21.95	43°00'	1,240
	11	28.19	8°40'	1,100		8	22.73	36°50'	0.960
	12	31.50	10°50'	1,280		9	23.49	30°45'	0.460
	13	33.94	9°15'	0,980		10	24.36	24°10'	0,380
II	8	18.98	19°20'	1,920	V	3	29.77	25°30'	1,960
	9	20.66	19°50'	1,160		4	31.17	22°40'	1,580
	10	24.64	13°00'	0,900		5	32.67	22°20'	1,350
	11	26.30	10°00'	0,720		6	34.29	17°30'	0,960
III	7	40.69	21°50'	0,920	VI	11	32.06	36°50'	0,980
	8	41.61	12°00'	0,900		12	34.29	18°20'	0,780
	9	45.22	7°40'	0,830		13	37.55	17°50'	0,740
	10	48.17	0°	0,600		14	40.79	17°00'	0,520
						15	42.46	14°30'	0,310
						16	45.12	6°30'	0,260



第8圖 (a) 含水と内部摩擦との關係



第8圖 (b)

剪断抵抗は土粒子の噛み合い及その粒子の轉動による摩擦と内部摩擦と呼ばれる抵抗と結合附着力に相當する凝集力とに分けて考えられる。これ等はともにその粒径と含水量とに關係する。然しこれ等の内部摩擦角及凝集力はその含水量で變化し含水量の増大するに従つて逐次それらの價も減少してゆく。突き固めに於て内部摩擦の變化はその最大密度の點附近で稍安定の區間が存在する。この傾向は細粒のもの程大きい。凝集力は内部摩擦角ほどその變化は著しくない。

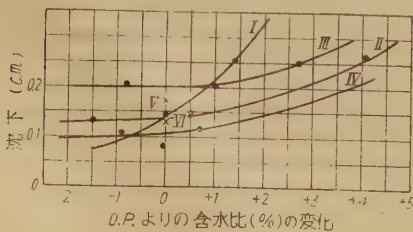
B. 壓密試験

内徑 10cm 厚 2cm の試料について 2.0 4.0 6.0 kg/cm² の荷重沈下を比較した。

一般に壓密試験は間隙比の減少で解決されて居るが、更に幾多の問題が存在すると思はれる。試験回数が少ないため明確な判定を本實驗では出すことが出来なかつたが最大密度のものが沈下量が最小であり、最適含水以前のものは以後のものよりも沈下は比較的少く膨脹も少い。之は含水が最大密度迄は突き固め衝撃以外には滑材の作用をしないが最大密度を超えればその含水は各粒子への附着厚を増して自由水の性質を強く表わし突き固め衝撃で容易に土粒子の移動を起し易いことをして居り従つて静荷重に對しても移動し易く且粒子相互の噛み合せはゆるくなつて來て居ることを示して居る。

第 9 表 壓密試験結果

試料	試験番號	當 初 含水比	0. P より の 含水變化	荷 重 kg/cm ²							考 備
				0	2.0	4.0	6.0	4.0	2.0	0	
I	10	26.8	0	0	0,0891	0,1155	0,1385	0,1385	0,1375	0,1122	
	11	28.2	+1.4	0	0,2189	0,2265	0,2532	0,2531	0,2522	0,2274	
I	8	19.0	-1.5	0	0,0725	0,1070	0,1315	0,1308	0,1300	0,0633	
	9	21.0	+0.5	0	0,0800	0,1142	0,1463	0,1460	0,1418	0,0680	
	10	24.6	+4.1	0	0,1740	0,2250	0,2620	0,2620	0,2576	0,1756	
I	7	40.7	-0.8	0	0,1132	0,1620	0,2005	0,1980	0,1855	0,0840	
	8	41.6	+0.1	0	0,0953	0,1575	0,2028	0,2000	0,1892	0,0975	
	9	45.2	+2.7	0	0,1392	0,2038	0,2500	0,2498	0,2380	0,1388	
	10	48.1	+3.4	0	0,1105	0,1250	0,1375	0,1574	0,1563	0,1542	
II	7	21.9	-0.9	0	0,0501	0,0950	0,1098	0,1098	0,1075	0,0889	8'
	8	22.7	-0.1	0	0,0276	0,0588	0,0800	0,0800	0,0790	0,0460	水浸飽和試料
	8'			0	0,1400	0,1760	0,2055	0,2055	0,2029	0,1535	
	9	23.5	+0.7	0	0,0400	0,0835	0,1138	0,1138	0,1135	0,0921	
V	3	29.8		0	0,1042	0,1462	0,1771	0,1771	0,1748	0,1373	
VI	10	31.2		0	0,0815	0,1125	0,1378	0,1378	0,1369	0,1332	



第 9 圖

第 9 圖及第 9 表はその結果を綜合一括比較したものである。

從來粗粒のものゝ壓密沈下は時間的に云えば急激であり細粒のものは緩慢であるとされて居たが、一度相當な力で壓縮された土ではその沈下の様相が異なる。特に最適含水前のものはその粒度配合及粒子の形狀(角か丸か?)に關係しその噛み合せに依存する點が多く壓密されるに

従つて飽和状態となり逆に内部残留の空氣及水の壓縮の影響が現われる。最適含水以後には大体飽和水の透水だ
ナが問題になるので含水の多い程壓密が大きくなることは當然である。

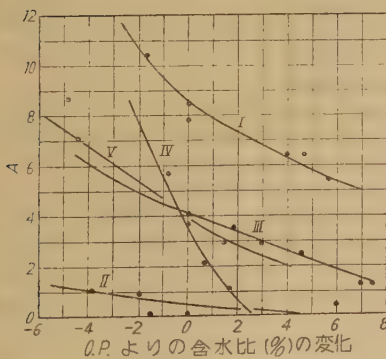
C. 透水試験

試料斷面積 78.5cm² (徑10cm), 透水斷面積 (測定)

30.0cm², 水頭 250cm の定水位透水試験機を用いた。透水は除々であつて余り正確な結果が出ないが一般的の傾向だけは察知出来る。第10圖, 第10表の結果から見れば最大密度附近では透水係数は甚だしい變化はないが一般に透水係数の $A \times 10^{-n}$ の A は含水の増加につれて減少の傾向にある。

第 10 表 透 水 試 験 結 果

試料	試験 番號	含 水	透 水 係 數	試料	試験 番號	含 水	透 水 係 數	試料	試験 番號	含 水	透 水 係 數
I	8	18,98	$10,45 \times 10^{-7}$	II	6	16,78	$1,025 \times 10^{-7}$	III	6	38,95	$58,32 \times 10^{-9}$
	9	20,66	$8,48 \times 10^{-7}$		7	18,69	$0,948 \times 10^{-7}$		7°	40,69	$4,018 \times 10^{-9}$
	10	24,64	$6,38 \times 10^{-7}$		8	18,98	$0,161 \times 10^{-7}$		8	41,61	$0,231 \times 10^{-9}$
	11	26,30	$5,43 \times 10^{-7}$		9°	20,66	$0,085 \times 10^{-7}$		9	45,22	$2,50 \times 10^{-9}$
	12	26,63	$0,37 \times 10^{-7}$		10	24,64	$0,023 \times 10^{-7}$		10	48,17	$1,212 \times 10^{-9}$
III	6	17,93	$8,67 \times 10^{-9}$	V	2	25,36	$7,060 \times 10^{-11}$	VI	10°	31,21	$0,318 \times 10^{-6}$
	7	21,95	$5,66 \times 10^{-9}$		3°	29,77	$7,834 \times 10^{-11}$		11	32,06	$3,530 \times 10^{-6}$
	8°	22,73	$3,64 \times 10^{-9}$		4	31,17	$2,949 \times 10^{-11}$		12	34,29	$0,035 \times 10^{-6}$
	9	23,49	$2,10 \times 10^{-9}$		5	32,67	$2,933 \times 10^{-11}$				
	10	24,36	$1,10 \times 10^{-9}$		6	34,29	$6,468 \times 10^{-11}$				



第 10 圖 透 水 係 數

D. 貫入試験

底面積 3" の圓筒の 3 吋貫入の耐荷力で比較した。貫入速度は 1 分間 1cm で第2圖～第7圖に示す結果を得た。最適含水比前は貫入抵抗が大であることは Proctor の示す通りであるが、最適含水の點附近から稍含水の増

加する附近は貫入抵抗にもその變化の度合に稍安定性が見出される。

E. 膨脹, 崩潰試験

膨脹試験は器具の關係上内徑 5cm 高 5cm の小試料を用い試料を型枠に入れたまま多孔板上に置き, それを水中に靜置してその膨脹を測定した。

崩潰試験は同寸法の供試体を水中に吊してその崩潰速度から土粒子相互の親和力, 濕油時の土の膨脹性, 土塊への水の滲透速度, 土塊の不均等性膨脹による龜裂の發生の有無等の比較試験である。

36時間以上経過のものは次の如く崩潰率を計算した。

$$\eta = \frac{V_0 - V_1}{V_0} \times 100$$

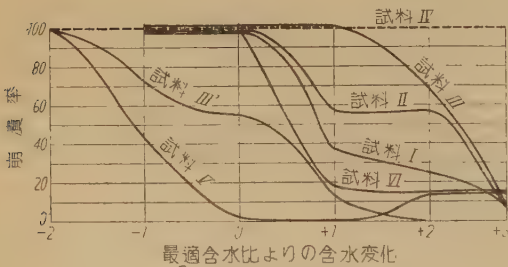
η : 崩潰率 %

V_0 : 供試体當初乾燥重量 gr

V_1 : 崩潰後殘土の乾燥重量 gr

第 11 表 膨脹及び崩壊試験結果

試料	試験 番號	含水比 %	崩潰率 %	膨脹率 %	試料	試験 番號	含水比 %	崩潰率 %	膨脹率 %
I	10	21.14	100	0,006	II	8	15.94	100	0,872
	11	21.97	37,1	0,006		9	17.09	100	0,702
	12	23.95	25,9	0,004		10	19.77	57,1	0,682
	13	25.34	6,8	0,004		11	20.43	57,2	0,647
II	7	28.92	100	2,604	III	7	19.99	20分 100	0,050
	8	29.38	100	1,293		8	18.52	35分 100	0,024
	9	31.14	68,3	0,600		9	19.03	1,35 100	0,024
	10	32.47	6,3	0,293		10	19.58	2,20 100	0,027
V	2	20.19	100	0,240	VI	11	22.70	5,40 100	—
	3°	22.94	43,7	0,164		12	24.09	1,20 100	—
	4	23.77	2,6	0,140		10°	22.34	100	0,236
	5	24.62	0,8	0,060		11	24.27	18,7	0,216
	6	25.52	13,2	0,052		12	25.53	32,8	0,210
	7	26.82	13,9	0,058		13	27.30	25,7	0,206
	8	28.21	16,8	0,050		14	30.29	23,2	—



第 11 圖 崩潰率

第11圖から判斷すれば一般に最適含水のものよりも稍含水の多いものが大体に崩潰に對して強く大体に充分の表面張力を保ち得る粒子の含水膜のときで且充分に各粒子が近接して居るか又は噛み合せて居るときである。

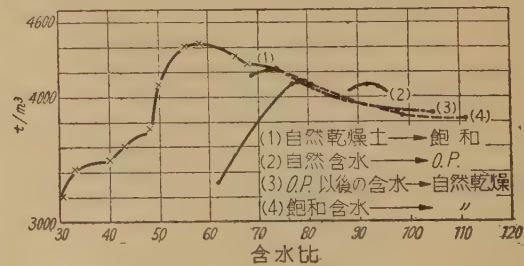
膨脹率は大体同傾向にはあるが含水量の増加と共に膨脹率は減少する。

6. 試験に對する考察

A. 突き固め試験の試料乾燥度と最大密度との關係

突き固め試験の試料の當初乾燥度で最適含水及最大密度が異なる。然し我國の如き自然含水の多い土質のもの

については突き固め方法も別個の考え方を採らなければならない。このためには濕潤側から徐々に乾燥し乍ら突き固めるのが至當である。この乾燥及濕潤の双端からの密度曲線は最適含水及最大密度が相違なることは事實であるがその膨脹段階の密度曲線は概ね一致する事實は第12圖の通りである。



第 12 圖

乾燥狀態からのものは

- 土粒子が完全に分離して居ない。その塊の構造が突き固め段階の途中で破壊して行く。
- 混合水分が充分に土粒子にゆき涉らない塊の外周にのみ余分に存在して塊の内部土粒子迄浸透するのは遅

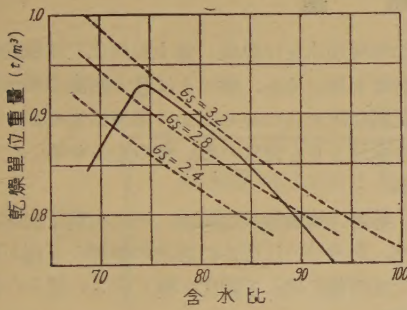
れる。又相當細粉になつたものは水分で粘土分だけかたまり粗粒の狀況を呈する。

等のことから以上の異なりが生じて来るものと思はれる。これらの現象の特に甚だしいのは關東ロームで特に酸化鐵分の多いもの程甚だしい。

B. 密度曲線と眞比重

突き固め試験の含水—密度曲線は計算上の Mo. Air Void Curve よりも飛び出すことがある。その場合の爐乾燥材料の眞比重は各方法で比較しても大きな誤差がない。従つてこのような土（關東ロームのあるもの）については爐乾燥することに誤りがある（有機物の變化、揮發性ガスの逃亡等）のではないかと考えられる。

本實驗室の1例を示せば第13圖の通りで



第 13 圖

試料は

0.005mm以下	24%
0.05~0.005	11%
0.05以上	65%

で、密度曲線は圖の通りである。

比重に就ては

ゲールサツク比重瓶	爐乾燥材	2.420
ルシヤアリーフラスコ	同	2.420
〃	自然含水	2.754
チャップマン比重瓶		3.115

但しチャップマンのものは細粒氣泡其の他を含んだまゝとする。

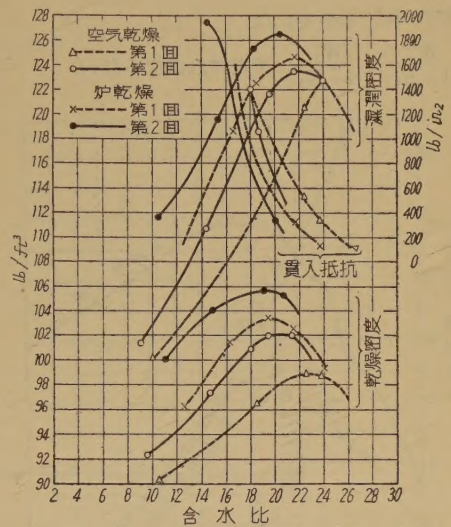
C. 乾燥度と試料の繰返し使用

爐乾燥及空氣乾燥 又は試料の繰返し使用のものについては第14圖 L.L. について行つた實驗の結果は第15圖で突き固めでも爐乾燥試料のものが大きい密度が得られる。

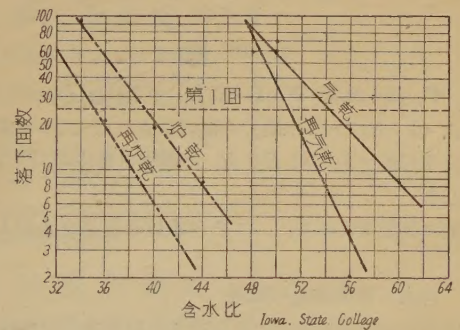
乾燥度は	空氣乾燥	7.5~17.6%
	爐乾燥	0~2.3%
	自然含水	30~90%

である。

試料の繰返し使用に就ては未だ實驗結果は取まとめられて居ないが土粒子が細粉される傾向は明瞭である。従つて繰返し使用は出来る限り避けるべきである。



第 14 圖



第 15 圖

D. 含水—密度曲線

含水及密度の關係は突き固め試験の重要な因果關係で粒度配合及含水に左右される。これらは含水比—濕潤密度曲線、含水比—乾燥密度曲線で表わされる。

今濕潤密度最大のときの單位重量	W_1
その乾燥密度	W_1'
その含水比	R_1
最大の點より稍含水の少いときの	
單位重量	W_2
その乾燥密度(乾燥單位重量)	W_2'
その含水比	R_2

とすれば

$$R_1 = \frac{W_1 - W_1'}{W_1} \quad R_2 = \frac{W_2 - W_2'}{W_2}$$

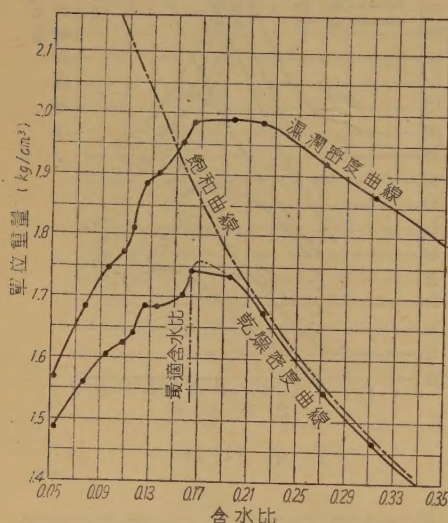
$$\therefore W_1' = \frac{W_1}{1 - R_1} \quad W_2' = \frac{W_2}{1 - R_2}$$

$$W_1 > W_2$$

$$R_1 > R_2$$

$W_1' > W_2'$ のためには

$$\frac{W_1}{1 - R_1} > \frac{W_2}{1 - R_2} \quad \text{でなければならない。}$$



第 16 圖

$\therefore W_1(1 - R_2) > W_2(1 - R_1)$ であればよい。

$\therefore (1 - R_2) > (1 - R_1)$ の関係にあれば二つの曲線の峯は平行的であるが R_1, R_2 の関係で多少の「ずれ」が生じる。

通常は乾燥密度に對しての含水比を最適含水比とする。

E 含水—密度曲線の傾斜

最適含水比前後の曲線の傾斜は土の粒度配合に關係する性質を表わし砂質土は比較的急傾斜であり粘土質のものは比較的緩傾斜である。

今乾燥密度 W_1 の含水比 R_1

〃 W_2 〃 R_2

$W_1 > W_2$ とすれば $R_1 > R_2$ 。

$$\tan \theta = \frac{W_1 - W_2}{R_1 - R_2} = \frac{W}{R}$$

$$\therefore \theta = \tan^{-1} \frac{W}{R}$$

但 θ は曲線傾斜と水平との角。

これ等の關係を 第2圖～第7圖から求めると第12表と

なる。

第 12 表

試料	粒 度 配 合			催滑	膨脹	備 考
	砂	沈泥	粘度			
I	30%	28%	42%	43°30'	37°50'	ロ - ム
II	15	44	41	30°50'	48°30'	沈泥ロ - ム
III	10	33	57	8° 0'	43°50'	粘土ロ - ム
IV	60	26	14	68°40'	41° 0'	砂質ロ - ム
V	36	27	37	43° 0'	45° 0'	ロ - ム
VI	35	26	39	36°30'	42°30'	ロ - ム

7. 結 論

a) 土堰堤用土又は築堤、盛土の用土では最適含水比で最大密度を用いるが、施工上は最大密度の90～95%を制限の範圍に決められ突め固めの規準になるが、その場合最適含水比よりも含水の多い側のものを用いた方が適當である。

貫入、剪断、崩潰等では明かにその有利な狀況を示すが、壓密、含水等では明かに透水の増加の不利が察知されるが含水増加に比して變化が極く小さい爲その影響は無視出来る。

b) 突き固め試験と現場との關係即ち最適含水、最大密度は濕潤側から求めたもので決定するのがよい。

これは特に用土の自然含水の除去に苦心する日本ではその現場突き固めの最高規準を乾燥側から求めた最高の密度に置くことは施工に困難であるからである。特に氣候的に作業日數の制約される日本の盛土工事ではこの方法及理由が一切の施工の困難を排除し、經濟的にも大きな工費の節減になる。

昭和25年12月1日印刷

昭和25年12月5日發行

發行者

日本大學工學研究所

東京都千代田區神田駿河台1丁目8番地

電話神田(25) {0645—0647
0687—0690

Published by : The Research Institute of
Technology, Nihon University.

Address : No. 8, 1-Chome, Surugadai,
Kanda, Chiyoda-ku, Tokyo.

印刷所

國際出版印刷社

東京都中央區新富町3丁目17番地

印刷者

笠井重治

東京都中央區新富町3丁目17番地

【非賣品】

